



Водная среда:  
обучение  
для устойчивого  
развития



NORTHERN WATER PROBLEMS INSTITUTE  
OF KARELIAN RESEARCH CENTRE OF RAS

# **AQUATIC ENVIRONMENT: EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**



Petrozavodsk  
2010

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА  
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

# **ВОДНАЯ СРЕДА: ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**



Петрозаводск  
2010



УДК 502.51:37:502.131.1  
ББК 26.22+74  
В62

Редакционная коллегия:

Н. Н. Филатов, член-корреспондент РАН  
Т. И. Регеранд, канд. биол. наук

Рецензенты:

Р. У. Высоцкая, докт. биол. наук  
В. И. Кухарев, канд. биол. наук

**Водная среда: обучение для устойчивого развития.** Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 182 с.

Предлагаемый сборник материалов, состоящий из трех разделов, является шестым в серии научно-популярных книг Института водных проблем Севера (ИВПС) Карельского НЦ РАН, подготовленных в рамках деятельности научно-образовательного центра «Водные объекты Карелии и методы их исследования». Основой обучения служат знания и, в частности, информация, полученная при проведении научных исследований и анализа данных. Поэтому первый раздел посвящен результатам научных исследований сотрудников ИВПС.

Во втором разделе представлены материалы международного семинара «Подготовка преподавателей вузов северо-запада России по теме „Устойчивое развитие“ в рамках сотрудничества с программой „Балтийский Университет“» на русском и английском языках. Одной из задач данного мероприятия была активизация интереса преподавателей высших учебных заведений, средних школ и структур дополнительного образования к получению современной информации в сфере устойчивого развития и охраны окружающей среды, в том числе и из международных источников, доступной только на английском языке.

В третьем разделе представлены материалы I регионального семинара «Связь образования и науки в подготовке новых кадров» в виде статей и тезисов, подготовленных молодыми учеными – студентами Петрозаводского государственного университета, Карельской государственной педагогической академии, Санкт-Петербургского государственного университета.

В заключение представлена работа как пример международного сотрудничества студентов, выполненная по Программе «Балтийский Университет».

Надеемся, что представленная информация окажется полезной для студентов вузов, учителей и учащихся средних школ, а также представителей администраций и всех обеспокоенных состоянием окружающей среды граждан, будет способствовать активному включению в процесс обучения для устойчивого развития и осознанному переходу к действиям в сфере охраны окружающей среды и, в частности, сохранения и рационального использования водных ресурсов.

This volume is the sixth in the series of popular science books published by the Northern Water Problems (NWPI) of Karelian Research Centre in the frame of the Scientific-Educational Centre “Waters of Karelia and Methods for Their Research” activity. It is arranged as a collection of materials made up of three sections. Learning is based on knowledge, namely on the information derived from scientific research and data analysis. Therefore, section one tells about the results of the studies carried out by NWPI researchers.

The second section presents the proceedings of the international seminar “Baltic University Programme Teacher Training in Education for Sustainable Development for Russian-speaking university teachers” in the Russian and English languages. One of the main aims of the event has been to encourage school teachers, university professors and other educationalists to seek for up-to-date information on sustainable development and nature protection, also from international sources available in the English language only.

Section three is the proceedings of the 1<sup>st</sup> Regional Seminar “Connecting Education and Science in Training” presented in the form of articles and abstracts produced by young scientists – students of the Petrozavodsk State University, Karelian State Pedagogical Academy, St. Petersburg State University.

The example of the international co-operation of students prepared on the Baltic University Program is presented at the end of the publication.

It is our hope the book will be of use to university students, school teachers and pupils, as well as to decision-makers, and all people interested in the environment, helping them get actively involved in education for sustainable development and consciously begin to act for the environment, including conservation and sustainable use of water resources.

*Издано при финансовой поддержке Российской академии наук,  
предоставленной научно-образовательному центру  
«Водные объекты Карелии и методы их исследования»  
Института водных проблем Севера КарНЦ РАН по программе «Поддержка молодых ученых»*

ISBN 978-5-9274-0412-4

© Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, 2010  
© Редакционно-издательский отдел Карельского НЦ РАН, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н. Н. Филатов, В. В. Меншуткин</i> ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ, РОЛЬ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАУКИ ОБ ОЗЕРАХ – ЛИМНОЛОГИИ .....	9
<i>Карл Линдберг</i> ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ – НЕОБХОДИМАЯ ПРЕДПОСЫЛКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БУДУЩЕГО .....	16
<b>ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ .....</b>	<b>29</b>
<i>Т. В. Ефремова, Г. Э. Здравеннова, Н. И. Пальшин</i> ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ ОЗЕР КАРЕЛИИ .....	31
<i>Л. Е. Назарова, А. С. Макарова</i> ВЛИЯНИЕ КРУПНОГО ВОДОЕМА НА КЛИМАТ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ .....	41
<i>Н. М. Калинкина</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА <i>CERIODAPHNIA AFFINIS</i> LILLJEBORG ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	48
<b>МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА «ПОДГОТОВКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ ПО ТЕМЕ „УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ“ В РАМКАХ СОТРУДНИЧЕСТВА С ПРОГРАММОЙ „БАЛТИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ“» .....</b>	<b>53</b>
<i>Л. Е. Назарова</i> ИЗМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА .....	55
<i>Ю. А. Сало</i> СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ .....	64
<i>Ян Отто Андерссон</i> ГЛОБАЛЬНАЯ ЭТИЧЕСКАЯ ТРИЛЕММА .....	72
<i>Ян Отто Андерссон</i> БАЗОВЫЙ ДОХОД С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ .....	77
<i>Людмила Бабак</i> МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ С СОВРЕМЕННОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ .....	82
<i>А. В. Толстикова, М. С. Потахин, М. С. Богданова</i> КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ .....	99
<b>МАТЕРИАЛЫ I РЕГИОНАЛЬНОГО СЕМИНАРА «СВЯЗЬ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ В ПОДГОТОВКЕ НОВЫХ КАДРОВ» .....</b>	<b>105</b>
<i>Г. Г. Гавриленко, Г. Э. Здравеннова, Р. Э. Здравеннов</i> ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕЛКОВОДНОГО ОЗЕРА ЗИМОЙ .....	107
<i>Ю. С. Разуваева, М. С. Потахин</i> ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ КАРЕЛИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ .....	112
<i>Е. В. Анисимова, Г. С. Бородулина</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПОРОД .....	117
<i>Н. Е. Кулакова</i> РАЗБАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД КОСТОМУКШСКОГО ГОКА В СИСТЕМЕ РЕКИ КЕНТИ .....	123

<i>А. А. Айдинян, А. В. Рыжаков</i>	ИНТЕНСИВНОСТЬ НИТРИФИКАЦИИ В ВОДЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА .....	126
<i>Я. О. Чекова, С. В. Шевель, И. Ю. Потапова</i>	ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА .....	130
<i>Н. Е. Кулакова, А. В. Лебедева, П. А. Лозовик</i>	СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ .....	133
<i>И. П. Сочнева</i>	ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ СУНЫ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ ФЛОРЫ .....	137
<i>И. С. Ерохина</i>	ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ .....	140
<i>Л. А. Беличева, Ю. Н. Шарова</i>	ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ ОРГАНИЗМА РЫБ НА ХРОНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ПЕЧОРЫ) .....	143
<i>И. Ю. Мишкин, С. А. Капитонова</i>	АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГЕОКОМПЛЕКСЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА .....	148
<i>Н. А. Мясникова, С. Б. Потахин</i>	ТРАДИЦИОННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ РУССКИХ ВЫГОЗЕРЬЯ: «В КРАЮ НЕПУГАНЫХ ПТИЦ» .....	150
<i>А. В. Колоколов, Т. А. Бабакова</i>	ЛИТЕРАТУРНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИМИДЖ-КОМПОЗИЦИЯ РЕКИ СУНЫ .....	154
	ТЕЗИСЫ .....	157
<i>О. В. Панюшкина, Н. А. Белкина</i>	НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ВОДОЕМАХ БЕЛОМОРСКО-БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА .....	157
<i>М. М. Пархомук, М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова</i>	ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ПРОТЕИНАЗ МИДИИ <i>MYTILUS EDULIS</i> L. ....	158
<i>Е. П. Антонова, В. А. Илюха</i>	АНТИОКСИДАНТНЫЕ ФЕРМЕНТЫ И ИЗОФЕРМЕНТНЫЙ СПЕКТР ЛАКТАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ОРГАНАХ НАСЕКОМОЯДНЫХ И ГРЫЗУНОВ .....	160
<i>А. И. Сидорова, Н. М. Калинкина</i>	ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА УСТЬЕВОГО УЧАСТКА РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ .....	161
	<b>ПРИМЕР МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА СТУДЕНТОВ-СЛУШАТЕЛЕЙ КУРСОВ «БАЛТИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА» ИЗ РАЗНЫХ СТРАН .....</b>	<b>163</b>
<i>Я. Антолак, С. Нисканен</i>	БИОМОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ .....	163

## CONTENTS

<i>N. N. Filatov, V. V. Menshutkin</i> SUSTAINABLE DEVELOPMENT ISSUES, ROLE OF SCIENCE AND EDUCATION – EXAMPLE OF THE STUDY OF LAKES – LIMNOLOGY .....	9
<i>Carl Lindberg</i> EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – A NECESSITY FOR SHAPING THE FUTURE .....	16
<b>THEORY AND PRACTICE OF WATER ECOSYSTEMS INVESTIGATION .....</b>	<b>29</b>
<i>T. V. Efremova, G. E. Zdorovenova, N. I. Palshin</i> KARELIAN LAKES ICE REGIME .....	31
<i>L. E. Nazarova, A. S. Makarova</i> INFLUENCE OF A LARGE RESERVOIR ON A CLIMATE OF ADJOINING TERRITORIES ...	41
<i>N. M. Kalinkina</i> THE APPLICATION OF TEST-OBJECT <i>CERIODAPHNIA AFFINIS</i> LILLIJEBOG IN THE BIOTESTING OF MINING MILL TECHNOGENEOUS WATERS .....	48
<b>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SEMINAR “BUP TEACHER TRAINING IN EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR RUSSIAN-SPEAKING UNIVERSITY TEACHERS” ....</b>	<b>53</b>
<i>L. E. Nazarova</i> GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE CHANGE .....	55
<i>Yu. A. Salo</i> MODERN ENERGY PRODUCTION STRUCTURE IN THE CONTEXT OF GLOBAL WARMING	64
<i>Jan Otto Andersson</i> THE GLOBAL ETHICAL TRILEMMA .....	72
<i>Jan Otto Andersson</i> BASIC INCOME FROM AN ECOLOGICAL PERSPECTIVE .....	77
<i>L. Babak</i> METHODS OF TEACHING FROM THE MODERN PEDAGOGICAL PERSPECTIVE .....	82
<i>A. V. Tolstikov, M. S. Potakhin, M. S. Bogdanova</i> COMPUTER VISUALIZATION OF TEACHING MATERIAL IN EDUCATION OF PUPILS AND STUDENTS .....	99
<b>PROCEEDINGS OF I REGIONAL SEMINAR “CO-OPERATION OF EDUCATION AND SCIENCE IN YOUNG SPECIALISTS TRAINING” .....</b>	<b>105</b>
<i>G. G. Gavrilenko, G. E. Zdorovenova, R. E. Zdorovenov</i> HYDRODYNAMICAL PROCESSES AND THERMAL STRUCTURE OF SHALLOW LAKE IN THE WINTER .....	107
<i>Yu. S. Razuvaeva, M. S. Potakhin</i> CHANGES IN KARELIAN HYDROGRAPHIC NETWORK AS A RESULT OF THE CREATION OF RESERVOIRS .....	112
<i>E. V. Anisimova, G. S. Borodulina</i> PHYSICO-CHEMICAL MODELING OF WATER-ROCK INTERACTION .....	117
<i>N. E. Kulakova</i> DILUTION OF WASTEWATERS FROM THE “KARELIAN PELLET” ORE DRESSING MILL IN THE KENTI LAKE-RIVER SYSTEM .....	123
<i>A. A. Ajdinjan, A. V. Ryzhakov</i> ACTIVITY OF NITRIFICATION IN WATER OF THE PETROZAVODSK BAY OF ONEGA LAKE	126



<i>J. O. Chekova, S. V. Shevel, I. Yu. Potapova</i>	CHEMICAL COMPOSITION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION THE URBAN AREAS AS AN EXAMPLE OF PETROZAVODSK .....	130
<i>N. E. Kulakova, A. V. Lebedeva, P. A. Lozovik</i>	SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF SULFATES IN THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION .....	133
<i>I. P. Sochneva</i>	THE ASSESSMENT OF RIVER SUNA STATE USING MACROPHYTE PARAMETERS ....	137
<i>I. S. Erokhina</i>	ESTIMATION OF FLUCTUATING ASYMMETRY AS THE METHOD FOR INDICATION OF NATURAL ENVIRONMENT CONDITION .....	140
<i>L. A. Belicheva, Yu. N. Sharova</i>	FISH ORGANISM RESPONSE TO CHRONIC WATER POLLUTION (THE PECHORA RIVER)	143
<i>I. Yu. Mishkin, S. A. Kapitonova</i>	ANTHROPOGENIC INFLUENCE ON GEOCOMPLEXES OF PETROZAVODSK .....	148
<i>N. A. Myasnikova, S. B. Potakhin</i>	TRADITIONAL NATURE MANAGEMENT OF RUSSIAN POPULATIONS OF VUGOZERJE REGION: "IN REGION NOT FEARFUL BIRDS" .....	150
<i>A. V. Kolokolov, T. A. Babakova</i>	LITERARY-GEOGRAPHICAL IMAGE-COMPOSITION OF THE SUNA RIVER .....	154
THESIS .....		157
<i>O. V. Panushkina, N. A. Belkina</i>	OIL HYDROCARBONS IN RESERVOIRS OF WHITE SEA – BALTIC CANAL .....	157
<i>M. M. Parkhomuk, M. Yu. Krupnova, N. N. Nemova</i>	MUTUAL INFLUENCE OF ORGANISMS IN FOULING COMMUNITIES, ON LEVEL OF ACTIVITY OF LYSOSOMAL PROTEINASES <i>MYTILUS EDULIS</i> L. ....	158
<i>E. P. Antonova, V. A. Ilyukha</i>	ANTIOXIDANT ENZYMES AND AN ISOFERMENTAL SPECTRUM OF LACTATE DEHYDROGENASE IN BODIES INSECTIVOROUS AND RODENTS .....	160
<i>A. I. Sidorova, V. M. Kalinkina</i>	ASSESSMENT OF ZOOPLANKTON AND ZOOBENTHOS IN THE ESTUARIES OF THE NORTHERN DVINA RIVER .....	161
<b>THE EXAMPLE OF THE INTERNATIONAL CO-OPERATION OF STUDENTS-PARTICIPANTS OF THE BALTIC UNIVERSITY COURSES .....</b>		<b>163</b>
<i>J. Antolak, S. Niskanen</i>	BIOLOGICAL WATER QUALITY .....	163

## ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ, РОЛЬ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАУКИ ОБ ОЗЕРАХ – ЛИМНОЛОГИИ

Н. Н. Филатов\*, В. В. Меншуткин\*\*

*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

*\*\* Санкт-Петербургский экономико-математический институт РАН*

### НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

На протяжении всей своей истории человечество пережило не один экологический кризис, за «победу» над которыми пришлось заплатить огромную цену. В связи с этим возрастает роль науки, задача которой – предвидеть возможные катаклизмы и благодаря изменению технологий, образа жизни создавать новые условия для нормального существования человека (Филатов, 2001). Альтернативой печальному сценарию развития цивилизации должно быть разумное развитие общества в планетарном масштабе и создание ноосферы, учение о которой разработал замечательный русский ученый, философ Владимир Иванович Вернадский (1944). Критерием национального и индивидуального богатства должны стать в первую очередь духовные ценности и знания людей, живущих в гармонии с природой. С начала XXI в. человечество стоит перед беспрецедентной проблемой выбора стратегии своего выживания (Кондратьев, Москаленко, 1987). Стратегия касается всех сфер жизнедеятельности – экономики, науки, образования, культуры, формирования нравственности. Ярким свидетельством отнюдь не устойчивого развития цивилизации на современном этапе является современный глобальный экономический кризис. Концепция устойчивого развития исходит из того, что экономическое развитие преимущественно за счет природной среды и в ущерб ей недопустимо; чрезвычайное обогащение одних путем ограбления других на международном уровне и внутри стран чревато угрожающим цивилизации глобальным социальным взрывом; потребление, как промышленное, так и личное, с учетом ограниченности ресурсов планеты должно быть разумно рационализировано (Коптюг, 1996).

Говоря об устойчивом развитии, адаптации биосферы и человека к ноосфере, сегодняшние прогрессивные политические и духовные лидеры приходят к выводу о необходимости новой концепции XXI в. Основанная на научном знании, она должна учитывать национальные традиции и культуру, состояние экономики и государственные интересы, но в основу ее, конечно, будут заложены общие принципы хозяйствования и жизни, учитывающие интересы стран и человечества в целом, формирование геополитических полюсов с довольно разными системами жизненных ценностей. Между такими полюсами и странами, объединяющимися в рамках каждого полюса, неизбежно неравенство стартовых потенциальных возможностей перехода на путь устойчивого развития. Наивно было бы полагать, что движение человечества к устойчивому развитию будет далее бесконфликтным. Напротив, сегодняшнее время – это период острой борьбы на мировой арене за ресурсы и в первую очередь – за углеводородное топливо (пример – Ирак, а возможно, и Иран, судя по высказываниям некоторых деятелей США), а в ближайшие десятилетия – за воду, экологический резерв (Киотский протокол) и интеллектуальный потенциал (приток научных сил из многих стран, в том числе и из России, в США). Поэтому важно понимать мировые тенденции развития процесса глобализации, которые помогут России определить стратегию развития, национальные интересы и возможности формирования более устойчивого многополюсного мира. В процессе глобализации все меньшее влияние имеют национальные государства в своих границах, все большей глобализации подвергаются ресурсы. Потребность в новой концепции развития человечества назрела давно, так как для нынешнего сугубо рационального подхода к основополагающим проблемам бытия, насильственно

насаждаемого во многих странах, характерно уничижительное отношение к другим культурам, религиям, отрицание ценности традиций природопользования, выработанных разными цивилизациями. Основное беспокойство вызывает внедряемый ныне повсеместно так называемый «экономизм». Ничем не ограниченный экономизм, спекуляции на биржах, валютном рынке и привели к современному экономическому кризису в мире. При всей своей притягательной силе «экономизм» грешит вульгарным, примитивным отношением ко многим вещам. По мнению известного русского философа С. Н. Булгакова, «экономизм» утверждает хозяйственную природу всей культуры, творчества, ищет хозяйственные подосновы в высших духовных проявлениях жизни. В мире начинают осознавать опасность такого пути. В особенности это стало очевидным после экономического кризиса, который продолжается до сих пор. На усиление регулирующей роли государства в банковской сфере обращали внимание на разных экономических и политических форумах в 2009 г. многие ведущие лидеры разных стран (США, Франции, Германии, России). Серьезной угрозой цивилизации представляются попытки всеобъемлющего технократического использования окружающей среды. В сочетании с весьма распространенной идеей акционирования они ведут к еще большему упрочению привилегированных групп (олигархов) и корпораций, претендующих на обладание особым знанием и экономическими ресурсами стран. При таком раскладе можно с уверенностью предсказать наступление эпохи нового тоталитаризма, упакованного в глобализацию.

Как же направить ситуацию в интересах народов России? Выход видится один: продолжить работу над государственной программой развития страны, в которой приоритеты будут отданы науке и образованию, как это делает сейчас Президент США Барак Обама, а также воспитанию нравственности и духовности (Скрипник, 2000).

## РОЛЬ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Насколько востребована наука в России? Каковы перспективы науки и образования в нашей стране? Перед современной Россией на первый план выходят проблемы безопасности: информационной, экономической, окружающей среды. Не будет перспективы развития страны без государственной программы развития науки и образования, рассчитанной на десятилетия. Современные реформы образования и науки с нашей точки зрения не способствуют прогрессу науки и образования в России, а значит, отдалают про-

цесс модернизации нашей экономики. Главным ресурсом должны стать не столько новые промышленные технологии или пропагандируемые как что-то самое передовое нанотехнологии, «инновации» (при этом заметим, что для них всегда первичны будут новые фундаментальные знания), сколько научный потенциал государства, личности, что предполагает повышение внимания к вкладу в человеческие ресурсы, т. е. в совершенствование систем образования, науки, воспитания личности и развития культуры.

Среди наиболее крупных и важных научных и инновационных областей на ближайшее время ученые называют биохимию, генетику, информатику, здравоохранение, познание важнейших механизмов формирования изменений климата и их воздействия на ресурсы, в том числе и на водные, а также основанные на научном знании стратегические разработки рационального использования окружающей среды, ресурсов (Данилов-Данильян и др., 2005; The Skeptical..., 2002). Каждое из перечисленных направлений характеризуется растущей интенсивностью научных исследований в государственном и частном секторах разных стран, высокой степенью «всечеловечности» и востребованности реализуемых проектов, глубокими социальными последствиями в результате их внедрения. Большое значение ученые придают также дальнейшему развитию математического и компьютерного моделирования. На этой основе разрабатываются новые системы техники и вооружений, а также гражданских технологий, в том числе по экономической и социальной динамике (Меншуткин, 2010).

В XXI в. стало еще более очевидно, что уровень развития научно-технической сферы – науки, образования, наукоемких отраслей – определяет границы между богатыми и бедными странами, создает основу экономического роста. Развитие России должно быть связано не с грандиозными проектами демонстрационного характера в виде «большого скачка» (их неэффективность была продемонстрирована в свое время в Китае), а с долгосрочной кропотливой работой по укреплению всех звеньев в управлении, производстве и информационной сфере, как это происходит в современном Китае. Безусловно, наиболее продуктивен системный подход к решению грандиозной задачи развития России, однако в условиях определенного дефицита ресурсов (временных, финансовых, человеческих и др.), слишком большой концентрации природных и финансовых ресурсов в руках олигархического капитала это делает решение крупных государственных задач менее управляемым, возможным выходом из создав-

шегося положения является реализация приоритетных направлений (так называемые «национальные проекты»). Развитие науки, образования, культуры, систем управления должно способствовать созданию в России целостного, гармоничного общества, впитавшего весь накопленный народом социальный и духовный опыт.

#### ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ЭКОНОМИКА, ПОЛИТИКА

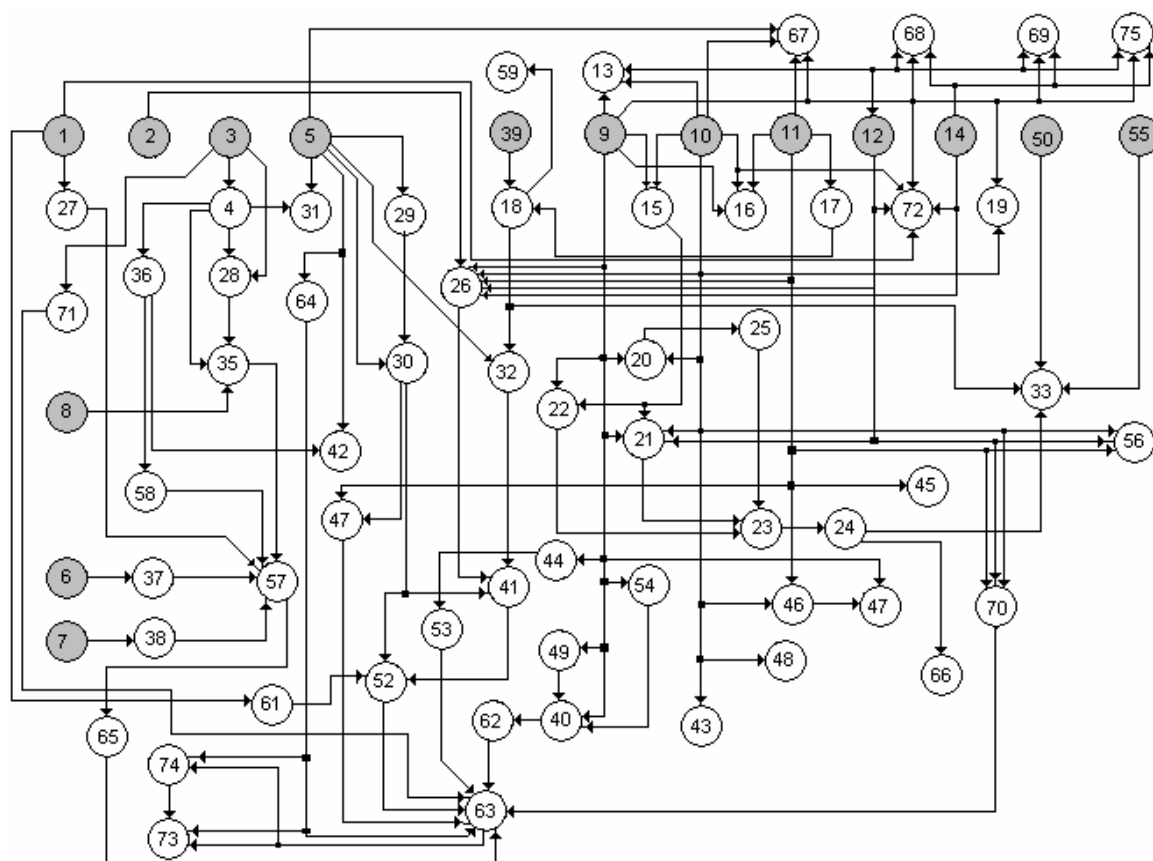
Энергоемкость нашего производства существенно выше, чем в Европе, юго-восточной Азии и Америке (хотя там в условиях более жаркого климата приходится тратить ресурсы не на нагревание, а на охлаждение, но по оценкам затраты на создание более комфортных условий жизнедеятельности в России существенно больше, чем в богатых странах). На важность решения этой проблемы для России недавно обратил внимание Президент страны Д. Медведев. Для устойчивого развития государства требуется изменить и его экономику. По расчетам экономистов Российской академии наук (академик Д. С. Львов), только 5% процентов доходов России составляет труд, 20% – капитал, а 75% – природно-ресурсная рента, которая была приватизирована группой лиц, а должна быть общенациональным достоянием. Мы нуждаемся в политике, которая предоставит равные возможности субъектам Российской Федерации, в то время как сейчас по валовому национальному продукту, инвестициям, доходам регионы несопоставимы. И в этом плане Европейское сообщество (ЕС) в большей степени можно считать единой страной, чем Российскую Федерацию (академик Д. С. Львов). По мнению уже упоминавшегося В. И. Скрипника (2000), у нас должна сложиться двухполюсная социально-экономическая система управления обществом, включающая в себя капитал и социально ориентированную экономику вместе с государственными, так называемыми естественными монополиями.

#### ПУТИ РАЗВИТИЯ НАУКИ (на примере лимнологии) (подраздел подготовлен на основе книги В. В. Меншуткина «Искусство моделирования», 2010)

Лимнология – относительно молодая наука, насчитывающая немного более века своей истории. Попытаемся смоделировать развитие науки на примере лимнологии. Используем наукометрический анализ, который основан на базе обширной библиографии, приведенной в книге В. В. Меншуткина (2010).

Основой предлагаемой модели развития науки является понятие о меме как о единице научной информации (Dawkins, 1976). Под мемами будем понимать обучающие информационные сообщения конечной протяженности, создаваемые одними разумными субъектами для передачи другим разумным субъектам. Можно сказать, что мемы – это обучающие сообщения, создаваемые с целью передать их другим (Levchenko, 1994). Конкретное выделение мемов информации в лимнологии – дело достаточно субъективное, однако возможно разбиение всего множества лимнологических знаний на 75 дискретных единиц – мемов ( $m_i$ ), как это представлено на рис. 1. Например,  $m_1$  – «режим изменения уровня воды в озере» – представляет собой совокупность сведений об изменении уровня воды в различных озерах в течение времени, а  $m_{14}$  – «видовой состав макрофитов» – содержит в себе списки видов высших водных растений, обитающих в озере. В качестве отдельных мемов выделены, например, такие ключевые понятия лимнологии, как тепловой баланс озера ( $m_{28}$ ) или представление о первичной продукции ( $m_{18}$ ). Каждый подобный мем – это не только набор фактических данных, но и определение новых понятий и методов их определения (Алимов, 2000). Подробное рассмотрение каждого мема с литературными ссылками невозможно в рамках небольшой статьи. Отметим только, что некоторые мемы, представленные на рис. 1, только еще начинают формироваться – например, «оптимальное управление природными ресурсами озера» ( $m_{63}$ ) или «юридическое обеспечение охраны и эксплуатации ресурсов озер» ( $m_{73}$ ). Мемы, составляющие совокупность лимнологических знаний, связаны между собой. Разработка одного мема не может быть выполнена без знания некоторых других мемов. Например, составление водного баланса озера ( $m_{27}$ ) предусматривает знание уровня режима ( $m_1$ ). Построение математической модели популяции рыб ( $m_{40}$ ) немыслимо без элементарных ихтиологических знаний ( $m_9$ ). Разработка идеи биоманипуляции ( $m_{51}$ ) предусматривает доскональное знание взаимодействия фито- и зоопланктона ( $m_{46}$ ). Совокупность множества мемов ( $M$ ) и связей между ними (множество дуг –  $S$ ) составляет ориентированный граф  $\Gamma$  ( $M, S$ ). Естественное требование к конструкции этого графа – это отсутствие замкнутых циклов. Вершины графа  $\Gamma$  ( $M, S$ ), которые не имеют заходящих в них дуг, соответствуют первичным мемам лимнологии, т. е. таким, которые были известны в самом конце XIX в., во время опубликования монографии Ф. А. Фореля (1912).





Р и с . 1. Граф информационной структуры лимнологии:

1 – уровень режим озера, 2 – морфометрия озера и морфология его котловины, 3 – температурный режим озера, 4 – вертикальная стратификация озера, 5 – химический состав воды, 6 – течения в озере, 7 – сейши и внутренние волны, 8 – ледовый режим озера, 9 – список видов рыб, 10 – список видов зоопланктона, 11 – список видов фитопланктона, 12 – список видов бентоса, 13 – эндемичность и происхождение флоры и фауны озера, 14 – список видов макрофитов, 15 – концепция биомассы, 16 – концепция трофических уровней, 17 – фотосинтез, 18 – первичная продукция, 19 – интенсивность дыхания гидробионтов, 20 – энергетический баланс особи, 21 – отношения пищевой конкуренции, 22 – отношения типа «хищник – жертва», 23 – трофическая цепь, 24 – трофическая сеть, 25 – потоки вещества и энергии, 26 – концепция экологической системы озера, 27 – водный баланс озера, 28 – тепловой баланс озера, 29 – концепция лимитирования первичной продукции концентрацией биогенов, 30 – динамика азота и фосфора в экосистеме озера, 31 – динамика растворенного в воде кислорода, 32 – классификация озер по степени трофности, 33 – энергетический баланс экосистемы озера, 34 – баланс биогенов (фосфора) в экосистеме озера, 35 – математическая модель термического озера, 36 – концепция турбулентной диффузии, 37 – математическая модель течений в озере, 38 – математическая модель сейш и внутренних волн, 39 – физика распространения света в воде, 40 – математическая модель популяции рыб, 41 – антропогенная эвтрофикация озер, 42 – седиментация и обмен между водой и дном, 43 – математическая модель популяции зоопланктона, 44 – концепция сообщества рыб, 45 – сукцессия фитопланктонного сообщества, 46 – взаимодействие фито- и зоопланктона, 47 – динамика «цветения» синезеленых водорослей, 48 – вертикальные миграции зоопланктона, 49 – воспроизводство рыб, 50 – бактериопланктон озера и его продуктивность, 51 – концепция биоманипуляции, 52 – концепция фосфорной нагрузки на озеро, 53 – интродукция новых видов в озерную экосистему, 54 – генетическая структура популяций гидробионтов, 55 – озерный перифитон и его продукция, 56 – пространственное распределение фито- и зоопланктона, 57 – трехмерная гидродинамическая модель озера, 58 – экспериментальные исследования турбулентной диффузии в озерах, 60 – математическая модель озерной экосистемы, 61 – концепция озера и водосбора как единой системы, 62 – оптимизация эксплуатации рыбных запасов озера, 63 – оптимизация эксплуатации природных ресурсов озера, 64 – загрязнение озерных экосистем, 65 – распространение загрязнений в экосистеме озера, 66 – распространение радиоактивных изотопов в экосистеме озера, 67 – особенности лимнологии соленых озер, 68 – особенности лимнологии водохранилищ, 69 – особенности лимнологии высокогорных озер, 70 – биологическое разнообразие видового состава и его сохранение, 71 – термическое загрязнение озер, 72 – долговременные ряды наблюдений за озерными экосистемами, 73 – правовые аспекты использования озер, 74 – экономические аспекты использования озер, 75 – популяризация лимнологических знаний. Первичные мемы отмечены серым цветом

В науке кроме информационной составляющей есть еще и человеческая составляющая – множество ученых, развивающих данную

науку (L). Каждому ученому приписывается некоторый научный багаж в виде совокупности нескольких мемов. Этот багаж по аналогии с

генетическим термином «геном» можно назвать «мемоном» данного ученого ( $\mu_j \in L$ ). В начале научной карьеры, которая приурочена в модели к возрасту 25 лет, мемон данного ученого является пустым множеством, которое может заполняться уже существующими в лимнологии мемами в процессе обучения и передачи научной информации.

Процесс научного творчества моделируется, согласно L. Lagrendre (2004), как добавление к уже существующему в лимнологии множеству мемов некоторого нового из множества возможных. С некоторой вероятностью ( $p$ ) каждый ученый может разработать новый мем лимнологической информации. Первый вариант имитирует метод «проб и ошибок». Новый мем выбирается с помощью датчика случайных чисел. После такого выбора «открытие» проходит проверку на осуществимость. Первый этап отбора заключается в установлении технической осуществимости. Например, открытие мема  $m_{57}$  – «трехмерная гидродинамическая модель озера» – невозможно осуществить не только без знания режима течений и термике озера, но и ранее 1950–1960-х гг., поскольку для реализации такой модели необходимы достаточно мощные вычислительные средства, которых не было до этого времени. Аналогично, создание схемы потоков энергии в озерной экосистеме (мем  $m_{33}$ ) невозможно, если в лимнологии не разработана концепция первичной продукции (мем  $m_{18}$ ) и концепция трофических уровней (мем  $m_{16}$ ).

Следующий этап отсеивания намечающегося открытия заключается в проверке того, имеются ли в научном багаже (мемоне) данного ученого необходимые знания для осуществления открытия. Иными словами, в мемоне открывателя должны уже находиться все те мемы, исходящие из которых дуги графа  $\Gamma$  ( $M, S$ ) заходят в предлагаемый к открытию новый мем. Только после прохождения этих проверок открытие полагается совершившимся, и новый мем включается в множество лимнологических знаний и личный мемон открывателя. Описанный процесс напоминает процесс естественного отбора в модели дарвиновской эволюции со случайными мутациями.

В процессе моделирования развития науки моделируется и творческий процесс, в частности, имитация научной интуиции (Lagrendre, 2004). Исследователь на основании собственных знаний пытается экстраполировать их в неизвестную область науки. В модели учитывается ограниченность продолжительности жизни ученых. Введение вероятности смерти ученых в возрасте от 40 до 70 лет позволяет имитиро-

вать изменение продолжительности их жизни, причем считается, что мемы умерших ученых бесследно исчезают.

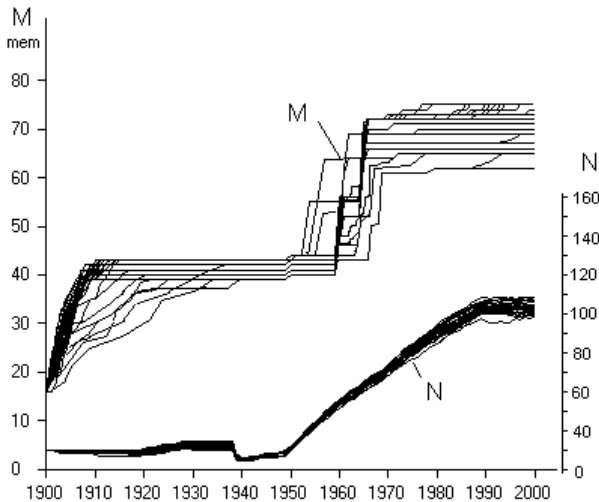
Модель исследовалась во временном диапазоне от 1900 до 2000 г. Начальное состояние образовали 20 лимнологов в возрасте от 25 до 50 лет с научным багажом в 16 мемов, что соответствовало уровню знаний в начале XX в. Начальные знания заключались в уже разработанной систематике гидробионтов, первичных описательных знаниях по гидрологии и гидрохимии озер.

Общей характерной чертой всех исследованных реализаций была неравномерность во времени процесса развития лимнологии. Первые десятилетия XX в. характеризовались быстрым накоплением информации, а затем наступил период некоторого застоя, который сменился новым информационным взрывом 60–70-х гг. В конце века развитие лимнологических знаний снова несколько замедлилось. Такая неравномерность связана не только с замедлением притока в лимнологию новых кадров во время мировых войн (что учтено в модели), но и со структурой самой науки. Контрольный компьютерный эксперимент с равномерным в течение всего века притоком молодых ученых и постоянная (в среднем) продолжительность их жизни качественно не изменили неравномерности процесса развития лимнологии.

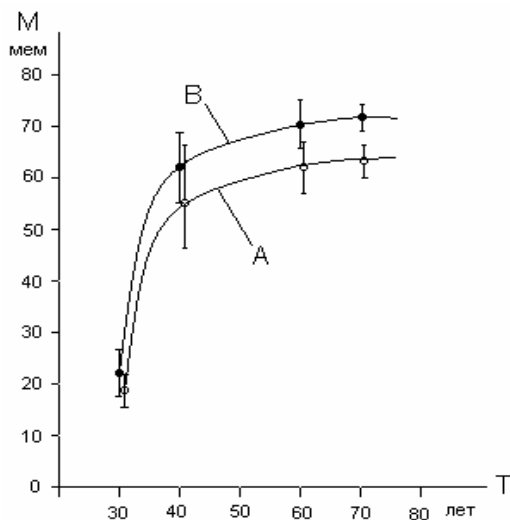
Сокращение продолжительности периода творческой активности исследователей существенно затормозило бы развитие науки при сохранении величины вероятности научного открытия. Если бы лимнологи перестали делать открытия в 30-летнем возрасте, то при прочих равных условиях лимнология через 20 лет после начала работы находилась бы на уровне исследований начала XX в. (Hutchinson, 1957), а идея продукции только-только начала бы распространяться. Увеличение возраста ученых за 60 лет при сохранении творческой активности уже не оказывает существенного влияния на развитие науки.

Зависимость уровня развития лимнологии к 2000 г. от величины вероятности научного открытия (рис. 2 и 3) достаточно очевидна: чем больше эта вероятность, тем быстрее развивается наука. Однако зависимость эта не линейна: высокие значения вероятности научного открытия становятся все менее эффективными. Небольшая группа гениальных ученых начала XX в. в принципе не смогла бы довести уровень информационной емкости лимнологии до 70–75 мемов в силу временных ограничений, заложенных в модели. Этот эффект проверен в ходе компьютерных экспериментов с моде-

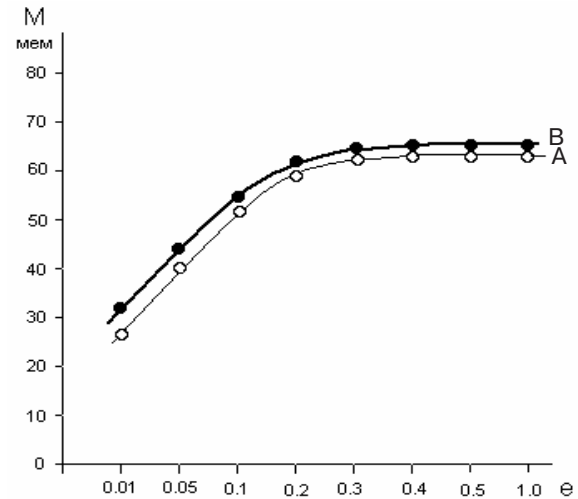
лю. На эффективность научных исследований оказывает влияние и сам стиль научной работы. При создании модели процесса развития лимнологии были приняты две гипотезы научного творчества – метод «проб и ошибок» и метод научной интуиции. Оказалось, что во всех случаях метод научной интуиции дает лучшие результаты, чем метод «проб и ошибок», при прочих равных условиях.



Р и с . 2. Изменение информационного содержания лимнологии (М в мемах) и численности ученых лимнологов (N). Приведены результаты 30 реализаций случайного процесса. Вероятность научного открытия  $p = 0,02$  в год на одного ученого. Интенсивность обучения и обмена научной информацией  $e = 0,01$  на ученого в год. Принята гипотеза о направленном научном поиске



Р и с . 3. Зависимость информационного содержания лимнологии через 20 лет после начала работы (М в мемах) от продолжительности жизни ученых (Т в годах): А – гипотеза о применении метода «проб и ошибок», В – гипотеза о направленном научном поиске



Р и с . 4. Зависимость информационного содержания лимнологии (М в мемах) от интенсивности обучения и научного обмена (е) в мемах на одного ученого в год: А – гипотеза о применении метода «проб и ошибок», В – гипотеза о направленном научном поиске

Исследование модели показало решающую роль обучения молодых ученых и обмена научной информацией в деле развития науки (рис. 4). При низких параметрах обучения развитие лимнологии ограничивалось вкладом первого поколения лимнологов, а все последующие поколения, несмотря на свою многочисленность и высокую научную активность (вероятность  $p$ ), оказывались научно бесплодными. Только после повышения параметра обучения и научного обмена выше некоторой критической величины (около  $e = 0,2$  мема на ученого в год) модель выходила на плато, и процесс развития науки начинал регулироваться другими параметрами. Как и в случае с зависимостью развития лимнологии от вероятности научного открытия, в данном примере гипотеза о научной интуиции давала несколько более высокие темпы развития науки, чем гипотеза «проб и ошибок».

Принятое в настоящей модели выделение таких единиц научной информации, как мемы, достаточно условно. Всякий участник развития науки знает, что новое в науке не рождается ни мгновенно, ни даже за один год. Например, внедрение в лимнологию понятия продукции (Винберг, 1960) заняло больше десятилетия. Схему трофической типологии озер А. Тинемана и Э. Наумана (Форель, 1912) продолжают совершенствовать, критиковать и обсуждать с момента ее появления и до настоящего времени (Китаев, 2007).

**Таким образом, резюмируя сказанное, подчеркнем, что устойчивое развитие государства будет определяться в первую очередь уровнем развития науки и образования.**

## ЛИТЕРАТУРА

- Алимов А. Ф.** Элементы теории функционирования водных экосистем. М.: Наука, 2000.
- Вернадский В. И.** Несколько слов о биосфере // Успехи современной биологии. 1944. № 18 (2). С. 113–120.
- Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С., Рейф И. Е.** Перед вызовом цивилизации. Взгляд из России. М.: ИНФА, 2005. 223 с.
- Китаев С. П.** Основы лимнологии для гидро-биологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
- Кондратьев К. Я., Москаленко Н. И.** Парниковый эффект атмосферы и климат. Метеорология и климатология. М., 1987. 205 с.
- Коптюг В. А.** Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России. 1996 г.
- Меншуткин В. В.** Искусство моделирования (экология, физиология, эволюция). Петрозаводск; СПб.: КарНЦ РАН, 2010. 419 с.
- Скрипник В. И.** Россия в XX веке. М.: ВИНТИ, 2000. 43 с.
- Филатов Н. Н.** Устойчивое развитие России – миф или реальность? // Север. 2001. № 4–6. С. 13–19.
- Форель Ф. А.** Руководство по озероведению (Общая лимнология). СПб., 1912. 196 с.
- Hutchinson G. E.** Treatise on Limnology. Vol. 1. N. Y: J. Wiley, 1957. 1015 p.
- Lagrendre L.** Scientific research and discovery: process, consequences and practice // Excellence in ecology / O. Kinne (ed.). Internat. Ecology Institute Oldendorf. Germany. 2004. 235 p.
- Levchenko V. F.** What is Information in the View of Naturalist? (Some Biological and Evolutionary Aspects) // WESS-com (The Journal of the Washington Evolutionary Systems Society) (Washington). 1994. Vol. 4, N 1. P. 41–46.
- The Skeptical Environmentalist.** Bjorn Lomborg. Cambridge Univ. press. 2002. 600 p.

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT ISSUES, ROLE OF SCIENCE AND EDUCATION – EXAMPLE OF THE STUDY LAKES – LIMNOLOGY

National and individual wealth should be defined primarily through the spiritual values and knowledge of people living in harmony with the nature. Vivid evidence of the utter non-sustainability of current development of the civilization is the present-day global economic crisis.

How high is the demand for science in Russia today? What are the perspectives for science and education in our country? We believe ongoing reforms of education and science would not promote the progress of science and education in Russia and, hence, hinder the process of modernization of our economy. The scientific potential of the state and the individual should be transformed into the main resource, and this implies greater input in human resources, i.e. in improving the systems of education, science, personal upbringing and cultural development.

We attempt to model the development of science using limnology as the example. We employed the scientometric evaluation, which is based on the analysis of the vast bibliography provided at the end of the book (Menshutkin, 2010).

The baseline of the proposed science development model is the notion of the meme as a unit of scientific information (Dawkins, 1975). The process of scientific creativity is modeled after Lagrendre (2004) as an addition of some new meme from the set of possible ones to the set of memes already existing in limnology. The process resembles natural selection in the Darwin's model of evolution with random mutations. We also model the creativity process, namely simulate scientific intuition (Lagrendre, 2004). We prove that the small group of scientific geniuses of the early 20<sup>th</sup> century were in principle unable to raise the level of the information capacity of limnology to 70–75 memes by today because of individual time limitations – duration of active creative life. Investigation of the model has shown that the decisive factor in the development of science is training of young scientists and exchange of scientific information. Had the level of education and training been low, the development of limnology would have been limited to the contribution of the first generation of limnologists, and all further generations, no matter how numerous and how scientifically active they may be (probability  $p$ ), would have been scientifically futile. To summarize, let us stress that sustainable development of the nation would depend first and foremost on the level of scientific and cultural development.



## **ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ – НЕОБХОДИМАЯ ПРЕДПОСЫЛКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БУДУЩЕГО**

Карл Линдберг

*Член Ответственного комитета ЮНЕСКО по Декаде ООН по образованию для устойчивого развития и особый советник Шведской комиссии при ЮНЕСКО по образованию для устойчивого развития. В 1994–2004 гг. был заместителем министра образования и науки Швеции*

Важнейшей задачей европейских обществ сегодня и в обозримом будущем является «образование для устойчивого развития», которое должно длиться всю жизнь. На первый взгляд, это может показаться слишком громким заявлением. Но так ли это?

Нам всем давно известно, с какими проблемами сталкивается человечество. Вряд ли найдется человек, никогда не слышавший о том, чем мы рискуем, если не сможем ограничить происходящие изменения климата. Сейчас вызовы куда серьезнее, чем когда-либо. Предотвращение изменения климата – лишь один из них. Среди других проблем – борьба с бедностью и голодом, ВИЧ/СПИД, здравоохранение, образование, демократия, биоразнообразие, устойчивые модели потребления и производства и т. д. Все эти вызовы подробно зафиксированы в трудах ряда международных конференций: в Рио-де-Жанейро, Киото, саммита ООН по целям развития на тысячелетие, в Дохе, Монтеррее и саммита по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в 2002 г. На встрече в Копенгагене в декабре 2009 г. изменение климата снова было на повестке дня.

Для успешного ответа на все эти вызовы нам нужно найти пути к экономически, социально и экологически устойчивому развитию. Кофи Аннан (Annan, 2001) сказал об этом так: «Самый главный вызов для этого нового столетия – взять кажущуюся абстрактной идею – устойчивое развитие – и превратить ее в реальность для всех людей мира».

Однако призывы из Йоханнесбурга и других конференций ООН не были восприняты всерьез. Отчасти это является следствием отсутствия политического лидерства в усилиях по достижению устойчивого развития, как подчеркивал Кофи Аннан в своей последней большой речи в Найроби в 2006 г. (Annan, 2006).

### **ОТ СЛОВ К ДЕЙСТВИЮ**

Концепция устойчивого развития очень полезна, так как является призывом думать сообща. Ее можно сделать очень конкретной, если смотреть на мир с местной точки зрения. Что мы можем улучшить в нашем детском саду, школе, образовании для взрослых, университете, компании, местной администрации, чтобы наше общество стало ближе к устойчивому развитию? Иногда эту концепцию встречают с иронией. Стоит вспомнить, однако, что то же самое происходило и с понятием демократии сотню лет назад.

Данная концепция предполагает как политическую волю, так и личную ответственность граждан. А для этого, естественно, требуется образование. То, что Образование для устойчивого развития (ОУР) является необходимым фактором достижения устойчивого развития, признано на саммите в Йоханнесбурге в 2002 г. и подтверждено решением Генеральной ассамблеи ООН об объявлении 2005–2014 гг. Декадой образования для устойчивого развития (DESD).

Устойчивое развитие должно служить маяком как в повседневной жизни учреждений дошкольного, школьного, вузовского и поствузовского образования, так и при долгосрочном планировании. Для этого все, кто связан со школами и университетами – учителя и научные сотрудники, преподаватели курсов для взрослых, ученики и студенты, руководство школ вместе с родителями и представителями местного сообщества, должны обсуждать и решать, как лучше организовать жизнь школы или университета, чтобы способствовать развитию устойчивого общества. Само собой, законы, правила и образовательные программы, которым

школы и университеты должны следовать, также должны поддерживать такое развитие.

Почему политические лидеры ЕС и в особенности министры образования должны демонстрировать особую ответственность за продвижение образования в качестве одного из ведущих факторов достижения устойчивого развития? Причина проста – это связано с доверием. Устойчивое развитие является общей целью Союза, к которому мы принадлежим, а ЕС служил важной движущей силой при принятии решений в Йоханнесбурге. Девиз ЕС на этой конференции был «от слов к действию».

Хотя вопросы образования и не являются центральными для работы Союза, многие работники образования всех уровней и политики в сфере образования в странах-членах ЕС чувствуют огромную ответственность за сотрудничество по изменению наших образовательных систем, с тем чтобы устойчивое развитие стало маяком в образовательном секторе, от детских садов до университетов. Это является насущной необходимостью.

Потребность в изменении образования весьма значительна по всему миру. Но сильнее всего она ощущается в нашей, более состоятельной, части мира. В то время как статистика очень убедительно показывает, что население более состоятельной части мира получает наиболее продолжительное и более глубокое образование, образ жизни нашего населения означает, что мы потребляем основную долю ограниченных природных ресурсов планеты, основную часть энергии, мы производим основную часть парниковых газов и т. д. Иными словами, мы оставляем несоразмерно огромный «экологический след».

Образование в целом не смогло добиться достаточного понимания необходимости менять модели производства и потребления, так как чем выше средний уровень образования, тем значительнее разрушительное воздействие на планету. Не является ли это самым явным признаком того, что существует потребность в новом типе образования – образовании для устойчивого развития? Таким образом, мы должны поменять, переориентировать наши образовательные системы так, чтобы они были действительно пронизаны будущим устойчивым развитием и в то же время гарантировали право каждого на образование в соответствии с правами человека, зафиксированными в декларациях ООН. И это должно произойти уже сейчас. Не через пять лет. Не через десять лет. Именно поэтому резолюция ООН о декаде образования для устойчивого развития так важна. Это великий шанс для всех нас.

Политическая воля и ответственное руководство в решении этих важнейших задач, стоящих перед человечеством в наших странах, могут возникнуть только под влиянием основанного на информированности и образовании общественного мнения. Под влиянием людей, которые могут представить себе условия, в которых живут другие. Людей, которые за статистикой способны разглядеть человеческие лица. Людей, чувствующих разочарование родителей, которые не могут отправить своих детей в школу, которые не могут накормить своих голодных детей или не могут защитить их от малярии, ВИЧ/СПИДа и других болезней. Миру нужно общественное мнение, которое позволит в рамках демократических выборов избрать политических лидеров, способных принимать ответственные решения на долгосрочную перспективу. В этом весь смысл образования для устойчивого развития.

## ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Вот уже 30 лет ЮНЕСКО ведет успешную и крайне важную работу, которая позволила сформировать те идеи об Образовании для устойчивого развития, которые существуют сейчас. Они отражены в различных документах и обычно резюмируются следующими ключевыми словами и фразами: участие, ответственность, междисциплинарные методы работы, глобальные взгляды, адаптированные к местным особенностям и культуре, критическое мышление. ОУР должно формировать готовность и способность добровольно участвовать в работе по достижению устойчивого будущего.

ООН назначила ЮНЕСКО ведущим агентством по мероприятиям Декады ООН. В этой роли ЮНЕСКО сделала очень многое, но всегда следует помнить, что ответственность за важнейшие меры – меры на национальном уровне – лежит на государствах-членах ООН. ЮНЕСКО может лишь «приглашать» правительства к «рассмотрению» мер по воплощению базовых идей ОУР и Декады в соответствующих образовательных системах и планах.

Европейская экономическая комиссия ООН (UNECE), региональная организация ООН, включающая 55 государств, также проводит впечатляющую работу по укреплению ОУР. Важная Стратегия UNECE по Образованию для устойчивого развития была принята на встрече высокого уровня в Вильнюсе в марте 2005 г. В этой стратегии ОУР определяется как процесс, охватывающий всю жизнь, с раннего детства до высшего образования и курсов для взрослых, и

выходящий за рамки формального образования. Ценности, образ жизни и мнения закладываются в раннем возрасте, поэтому образование особенно важно для детей. Поскольку мы обучаемся, примеряя в своей жизни разные роли, ОУР надо рассматривать как процесс, проникающий во все аспекты жизни. Оно должно пронизывать учебные программы всех уровней, включая профессиональное образование, подготовку учителей и курсы повышения квалификации для профессионалов и чиновников (UNESCO, 2005, 5). В руководстве по внедрению стратегии говорится, что каждая страна отвечает за ее реализацию (<http://www.unesco.org/env/esd>).

Можно использовать разные определения ОУР, но все они выражают одни и те же базовые идеи. Здесь уместно будет кратко рассказать, как они сформулированы в моей стране, Швеции, Правительственным комитетом по образованию для устойчивого развития в 2004 г.

Образование для устойчивого развития должно иметь следующие характеристики:

- Разносторонние иллюстрации экономических, социальных и экологических условий и процессов должны рассматриваться в комплексе при помощи междисциплинарных методов работы.

- Необходимо прояснять противоречия между целями и эффект взаимного дополнения различных потребностей и интересов.

- Содержание образования должно быть направлено на долгосрочную перспективу, идти от прошлого к будущему, от глобального к местному.

- Следует использовать демократические методы работы, чтобы учащиеся могли влиять на форму и содержание образовательных программ.

- Учеба должна основываться на реальности, в постоянной связи с природой и обществом.

- Учеба должна концентрироваться на решении проблемы и стимулировать критическое мышление и готовность действовать.

- Важен и процесс, и продукт образования (Committee on Education for Sustainable Development, 2004, 19).

Образование, призванное поддерживать устойчивое развитие, должно отражать все три его измерения – экономическое, социальное и экологическое. К устойчивому развитию нельзя относиться как к новой области изучения; оно должно стать новым аспектом всех предметов, преподаваемых в школах и вузах. Тогда аспект устойчивого развития будет помогать учителям выбирать содержание для образовательного процесса. Важно, чтобы работа, по возможно-

сти, велась по реальным проблемам, тем, которые влияют на жизнь учащихся, на окружающее их общество, проблемам, на которые они могут повлиять и которые важны для достижения устойчивого развития как на местном, так и на глобальном уровне. Таким образом, работа школы должна быть направлена на общество, на сотрудничество с людьми и организациями вне школы, дома, а также за границей.

Активное участие учащихся должно вводиться уже на дошкольном этапе, и возможности для него должны расти благодаря вовлечению учащихся в планирование в течение всего времени обучения в школе и университете. Концепция участия должна пронизывать образование для устойчивого развития на всех уровнях. Учащихся следует рассматривать как полноценных граждан уже во время их участия в образовательной программе. Каждый учитель должен представить четкую структуру школьной работы, с ясным указанием того, что ожидается от учащихся. При этом важно не подорвать роль учителя как хранителя знаний и эксперта в своей области. Учитель не должен перекладывать на кого-либо свою ответственность за ведение процесса.

Развитие способности критически мыслить и подвергать обоснованному сомнению важно, так как путь к достижению устойчивого развития не предопределен заранее. Она воспитывает активных, творческих и критически настроенных граждан, умеющих решать проблемы и конфликты при помощи сотрудничества. Таким образом, образование для устойчивого развития не должно быть догматичным, так как мы не можем знать наверняка, приведет ли применение определенных знаний или технологий или определенное поведение к желаемому результату.

ОУР можно вести как в более проблемно-ориентированном, междисциплинарном формате, так и в рамках преподавания традиционных предметов через выбор примеров и аспектов, делающих преподавание более осмысленным с точки зрения устойчивого развития. На уровне вузов ОУР может обеспечиваться как в рамках обязательных курсов, так и при помощи предметов, преподаваемых с точки зрения устойчивого развития, – главное, чтобы было обеспечено участие всех студентов.

Дошкольное образование имеет особое значение в процессе непрерывного образования, так как является основой ОУР. Это подчеркнуто в Готенбургских рекомендациях по ОУР, принятых 12 ноября 2008 г., где указывается, что дошкольное образование должно быть признано отправной точкой непрерывного образования

для устойчивого развития. Все дети имеют право на образование, а способность к обучению выше всего именно в раннем возрасте (от рождения до 8 лет). Именно в раннем детстве у детей формируются базовые ценности, взгляды, навыки, модели поведения и привычки, которые могут остаться на всю жизнь.

Особенно трагично, в этом смысле, звучит информация из Отчета по всемирному мониторингу «Образование для всех» 2009 г.: один из трех детей в развивающихся странах (всего 193 млн) достигает возраста начальной школы с нарушениями вследствие недоедания развитием мозга и обучаемостью – в отдельных частях Южной Азии эта цифра превышает 40%. Высокий экономический рост в некоторых странах мало повлиял на ситуацию с недоеданием среди детей, что ставит под сомнение правильность существующей государственной политики (EFA, 2009). Это самое яркое свидетельство того, что устранение голода и крайней бедности является обязательной предпосылкой для борьбы за устойчивое развитие через образование.

## ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Университеты по всему миру играют важнейшую роль в развитии и распространении идей ОУР. Стоит вспомнить о крайне значимой международной конференции ООН Университеты/ЮНЕСКО «Пути к общему будущему: изменение роли высшего образования в глобальном мире». Конференция состоялась в Доме ООН в Токио 29–30 августа 2007 г. Заключительные рекомендации для вузов, выработанные конференцией, подлежат распространению среди университетов всего мира. Они следующие:

а) Университетские власти должны составить программы действий, реализация которых сделает образование по-настоящему ориентированным на устойчивое развитие (УР).

б) Советы факультетов должны взять на себя ответственность за полноценное введение УР/ОУР во все образовательные программы. Это должно происходить при активном участии студентов и студенческих организаций.

в) Советы факультетов должны развивать возможности приобретения компетенции в УР и участия в (местном) гражданском обществе для всех членов университетского сообщества, включая студентов.

г) Администрации университетов должны создать организацию/организационную структуру с междисциплинарными полномочиями для продвижения деятельности по ОУР.

д) Университеты должны заниматься совместным обучением/создавать прочные партнерские связи с компаниями, органами власти, общественными организациями и т. д. по вопросам УР/ОУР.

е) Вузы должны стать эталонами УР не только в том, что в них преподается, но в деятельности университета в целом, например, в политике закупок, озеленении университетского городка, политике трудоустройства и равных возможностей и т. д.

ж) Советы факультетов должны выделять средства для достижения перечисленных задач (UNESCO, 2008).

Университеты в различных частях мира часто с гордостью представляют свои концепции и цели. Одна из целей, то и дело возникающая в презентациях, состоит в том, чтобы университеты стали международно значимыми и вели исследования на высочайшем мировом уровне. Их амбиции в сфере образования почти всегда ниже, чем в сфере исследований. Учитывая стоящие перед человечеством вызовы, нет причин снижать амбиции в исследованиях, но есть все основания для повышения уровня амбиций, касающихся предлагаемого нашими университетами образования. Именно университеты должны прежде всего стать теми учреждениями, которые задумались бы о том, что им может принести ОУР. Университеты, стремящиеся к повышению качества своих образовательных программ, должны принять базовые идеи ОУР и воплотить их на практике. Мне бы хотелось, чтобы все университеты и в особенности те, которые иногда называют престижными, конкурировали и сотрудничали бы друг с другом, с тем чтобы стать пионерами среди «университетов, направленных на устойчивое будущее».

Подчеркнуть важность устойчивого развития можно с помощью законодательства. Три года назад Правительство Швеции предложило Парламенту Швеции внести поправки в Закон о высшем образовании. Парламент принял поправки, и начиная с 1 февраля 2006 г. шведские университеты и колледжи университетского уровня «в своей деятельности... должны содействовать устойчивому развитию, которое обеспечило бы нынешнему и будущим поколениям здоровую и благоприятную окружающую среду, экономическое и социальное благополучие и справедливость» (Ministry of Education and Research, 2006).

Такое решение абсолютно логично, так как те учителя, инженеры, врачи, социальные работники, журналисты и т. д., которых выпускают наши университеты, должны знать, как надо



работать, чтобы достичь устойчивого развития. Предложение о внесении поправок в Закон о высшем образовании было в целом положительно принято руководством университетов Швеции.

УР должно быть важным ориентиром для университетов, но их свободу исследовать эту концепцию так, чтобы она была осмысленной в их конкретном контексте, необходимо оберегать от слишком технократических и догматичных взглядов.

В этой связи очень важны студенческие организации. Важно поощрять их занятия вопросами образования для устойчивого развития. Именно те, кто сегодня получает высшее образование, и будут строить будущее. Именно им придется испытать последствия неверных, «близоруких» решений, принимаемых сегодня. Инженер-строитель, получающий диплом в этом году, будет активно работать до середины этого века. Учитель-выпускник этого года в своей учительской жизни будет влиять на людей, которое будут жить и в следующем веке. Поэтому у студентов и их организаций должны быть все возможности влиять на образовательные программы так, чтобы они способствовали устойчивому развитию.

Однако аспект устойчивого развития нельзя ограничивать формальным образованием. Он должен присутствовать в любом образовании, формальном и неформальном, проводимом в обществе, включая обучение кадров в компаниях и в государственном секторе. Я убежден, что те компании и госучреждения, которые сделают устойчивое развитие ведущим принципом при обучении кадров, вскоре поймут, какие преимущества дает такой подход. Их сотрудники будут с гордостью участвовать в деятельности, вносящей осознанный вклад в устойчивое развитие общества. Мне кажется, особенно важную роль в этом смысле могут играть профсоюзные организации. Это касается профсоюзов во всех сферах деятельности по всему миру.

#### ПОДХОДЫ «СВЕРХУ ВНИЗ» И «СНИЗУ ВВЕРХ»

Декада образования для устойчивого развития 2005–2014 гг. – это прекрасная возможность для всех нас – преданных своему делу учителей всех уровней, руководителей школ и вузов, студентов, министров образования и других политиков в сфере образования по всему миру – отнестись к этому вопросу серьезно, работать совместно с другими, чтобы изменить наши образовательные системы на всех уровнях, чтобы, закончив обучение, студенты дей-

ствительно были способны и желали бы активно работать на благо устойчивого развития общества.

У нас в Европе существуют все условия для того, чтобы интегрировать концепцию устойчивого развития в наши образовательные системы. В целом у нас хорошо подготовленные учителя, хорошо развитое образование для взрослых в большинстве стран, тысячи хороших университетов и других учреждений высшего образования с миллионами студентов, а также тысячи целеустремленных политиков в сфере образования. Таким образом, чтобы наши усилия принесли плоды, продвижение ОУР должно опираться на два одинаково важных процесса – движение «сверху вниз» и «снизу вверх». Оба эти процесса должны присутствовать на всех уровнях общества – национальном, региональном и местном.

Процессом движения сверху вниз занимаются люди с властью и влиянием на различных уровнях, используя свою власть и влияние для продвижения ОУР. Движение снизу вверх опирается на знания отдельных граждан об ОУР и на их готовность взять на себя ответственность за продвижение ОУР, даже без поддержки сверху, т. е. когда те, у кого есть возможность использовать свое влияние для содействия ОУР, не делают этого по той или иной причине.

Главными действующими лицами в движении сверху вниз являются, конечно, правительства государств-членов ООН, поддержавших программы действий, принятые в Йоханнесбурге в 2002 г. и еще раньше Повестку Дня 21 в Рио-де-Жанейро в 1992 г. А самые важные в этих правительствах – министры образования и школ. Эти министры должны понимать, что ответственность за реализацию проактивного подхода к развитию ОУР лежит на них. Естественно, они должны работать в сотрудничестве с главами других министерств. Слишком часто на конференциях мне приходилось слышать, что, по мнению говоривших, министры образования их стран не несут какой-либо ответственности за внедрение ОУР. Часто оказывалось, что определенный интерес в ОУР проявляли министры по делам окружающей среды соответствующих стран.

Это, конечно, очень хорошо, но поскольку устойчивое развитие включает все три измерения – экономическое, социальное и экологическое, очевидно, это должно относиться и к ОУР, у которого есть свои отправные точки в работе по достижению УР. Поскольку смысл ОУР состоит в изменении, переориентации образовательных систем так, чтобы они более активно поддерживали устойчивое развитие во всех

трех его измерениях, то и ответственность, естественно, должна лежать на министрах образования. Для продвижения ОУР правительства должны, конечно, использовать такие меры, как законы и распоряжения, национальные учебные программы и другие доступные им средства, которые позволили бы изменить образовательные системы так, чтобы они были пронизаны соображениями устойчивого развития.

На более низких уровнях движения сверху вниз люди во власти на государственном, региональном и местном уровнях также должны осознавать свою ответственность за продвижение ОУР, например, в школах в конкретных населенных пунктах. Кроме того, местные директивные органы должны создавать возможности для приоритизации ОУР, если те, кто непосредственно отвечает за школы, не делают того, что следовало бы.

Продвижение ОУР снизу вверх опирается на готовность отдельных граждан в их профессиональной жизни – как родителей или родственников или как членов общественных организаций – содействовать укреплению ОУР. Такими людьми могут быть воспитатель детского сада или учитель малокомплектной сельской школы. Это может быть учитель, уборщик или директор запущенной средней школы в пригороде. Это может быть преподаватель престижного университета, журналист учительской газеты, лектор профсоюзной организации или преподаватель, обучающий кадры для транснациональной корпорации. Это могут быть все, кто понял, что воплощение ОУР может сделать работу учителя более «благодарной», а для студентов и школьников ОУР может сделать пребывание в школе лучше, более осмысленным. Многих из них можно назвать преданными энтузиастами, ведомыми прочными убеждениями, разглядевшими правду в словах антрополога Маргарет Мид: «Нельзя недооценивать способность малого числа заинтересованных людей изменить мир. По сути, именно так всегда и происходило».

Чтобы усилить движение снизу вверх, важно донести информацию об ОУР и Декаде ОУР до всех граждан, осознающих свою ответственность. Идеи, стоящие за ОУР, уже так хорошо сформулированы и основаны на такой сильной мотивации, что, используя относительно простую информацию, можно подвигнуть граждан к принятию базовых идей ОУР и дать им понять, что эти идеи можно применять в местных условиях. В странах с хорошо развитой информационно-коммуникационной структурой эти преданные энтузиасты могут помочь создать сети общения для людей, позволяющие поддерживать друг друга идеями и опытом деятельности

по ОУР. Поэтому нужно побуждать преподавателей, готовящих учителей, самих учителей, воспитателей детских садов, заместителей ректоров университетов, преподавателей вузов, администрации школ, студентов и всевозможных работников образования использовать существующие сети общения и сотрудничества или создавать новые, чтобы содействовать ОУР.

Мы должны заняться этим сейчас. Мы не можем позволить себе терять время! Ключевую роль в этом движении снизу вверх играют также национальные комиссии ЮНЕСКО. Декада образования для устойчивого развития, объявленная ООН, – это шанс, который нельзя упустить. Практически половина Декады уже прошла. За последнее время появилось так много новых знаний по ОУР с хорошими примерами из разных областей и уровней, что у нас теперь есть прочный фундамент, на котором можно строить работу. Информационно-коммуникационные технологии сделали знания и информацию куда более доступными, чем раньше. Многие из нас могут и должны распространять знания об ОУР во все уголки мира. Это гигантская задача, учитывая, что только учителей, представляющих лишь часть тех групп, с которыми следует связаться, более 60 миллионов.

#### ХОРОШИЕ ПРИМЕРЫ

Почти 10 лет проработав на политическом уровне по вопросам ОУР, я встречал многих полных энтузиазма, трудолюбивых людей в разных частях планеты, которые реально ощущают и демонстрируют, что Декада ООН по ОУР – это прекрасный шанс, который мы не имеем права упустить. Воспитатели дошкольных учреждений, учителя школ, преподаватели вузов и курсов для взрослых. Студенты. Представители добровольческих организаций. Чиновники. Все они знают, какую огромную работу нам предстоит провести, чтобы изменить образовательные системы и сделать их способными отвечать на стоящие перед нами вызовы. Решение провести специальную Декаду привело к возникновению многих прекрасных инициатив и мероприятий, реализуемых преданными своему делу людьми по всему миру. Я приведу лишь немногие примеры таких инициатив.

Несомненно, огромную значимость имеет Стратегия образования для устойчивого развития, одобренная в марте 2005 г. Европейской экономической комиссией ООН (UNECE), членами которой являются 55 государств в Европе и вне ее. Чрезвычайно важно, чтобы эта стратегия реализовывалась во всех странах-членах организации в регионе.

Университет ООН в Токио сейчас работает над созданием того, что он назвал Региональными экспертными центрами по образованию для устойчивого развития во многих частях мира. Эти центры представляют собой сети существующих формальных и неформальных образовательных учреждений, призванных нести ОУР в региональные сообщества через установление связей между университетами, старшими ступенями средней школы, ботаническими садами, региональными органами власти и т. д. Сейчас существует более 60 таких центров (см.: <http://www.ias.unu.edu>).

Хороший способ сделать ОУР более конкретным – высветить особенно успешные инициативы, предпринятые для продвижения устойчивого развития через образование. Это можно сделать при помощи разного рода наград и призов. Прекрасный пример в этом смысле подает Германия в проекте Декада (см.: <http://www.dekade.org/sites/projekte1.htm>). Суть его состоит в том, что дошкольное учреждение, школа, вуз или другая организация получают право называться «Проект Декада» в течение двух лет, что вызывает особый интерес к ее деятельности. Преимуществом такого рода поощрения является усиление сплоченности коллектива в работе по продвижению устойчивого развития и повышение качества работы организации.

В Швеции награда, присуждаемая образовательными властями, называется «Школа

для устойчивого развития» (см.: <http://www.skolverket.se/sb/d/2275/a/12732>). Дошкольное учреждение или школа, отвечающая определенным критериям, получает право называться «Школа для устойчивого развития» в течение трех лет. В конце срока они могут снова подать заявку на получение этого звания, но на этот раз они должны удовлетворять еще более строгим требованиям, чтобы показать, что продвинулись в своих усилиях по ОУР. Важно, чтобы ответственным за награду было государство, чтобы содействовать ОУР и чтобы поощрение основывалось на критериях, учитывающих все три аспекта концепции устойчивого развития – экономический, социальный и экологический.

Всемирная конференция ЮНЕСКО по образованию для устойчивого развития проходила в Бонне (Германия) 31 марта – 2 апреля 2009 г. при участии 700 человек из большинства стран мира. Эта конференция чрезвычайно важна. Поэтому я искренне надеюсь, что представители Европы и в особенности министры образования стран ЕС докажут, что Европа воспринимает ОУР всерьез. И продемонстрируют, что Европа готова взять на себя лидерство в важной работе совместно с другими странами и людьми всего мира по продвижению ОУР во второй половине Декады ООН по образованию для устойчивого развития.

## ЛИТЕРАТУРА

Annan K. (2006). *Frightening lack of leadership*. Speech in Nairobi, Kenya, 15 November 2006. Available online at <http://www.un.org/News/Press/docs/2006/sgsm10739.doc.htm>.

Committee for Education for Sustainable Development. (2004). *Att lära för hållbar utveckling* [Teaching for sustainable development]. SOU 2004:104. Stockholm: Regeringskansliet. Available online at <http://www.regeringen.se/content/1/c6/03/41/44/0fe2bc94.pdf>.

EFA (2009). *Overcoming inequality: why governance matters*. EFA monitoring report 2009. Paris, London: UNESCO & Oxford University Press. Available online at <http://unesdoc.unesco.org/images/0017/001776/177683e.pdf>.

Ministry of Education and Research. (2006). *Higher Education Act*. SFS 2006:173. Sweden: Ministry of Education and Research. Available online at <http://www.sweden.gov.se/content/1/c6/02/15/40/74807ef2.pdf>.

UNECE (2005a). *Strategy for Education for Sustainable Development*. Available online at <http://www.unece.org/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.3.rev.1.e.pdf>.

UNECE (2005b). *Vilnius framework for the implementation of the UNECE strategy for Education for Sustainable Development*. Available online at <http://www.unece.org/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.4.rev.1.e.pdf>.

UNECE (2008). *The Gothenburg Recommendations on Education for Sustainable Development*. Available online at [http://www.esd-world-conference-2009.org/fileadmin/download/Gothenburg\\_RecommendationsAndBackground.pdf](http://www.esd-world-conference-2009.org/fileadmin/download/Gothenburg_RecommendationsAndBackground.pdf).

UNESCO (2008). *Pathways towards a shared future: Changing roles of higher education in a globalized world*. Available online at <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001604/160439E.pdf>.

## EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – A NECESSITY FOR SHAPING THE FUTURE

Carl Lindberg

*is a Member of UNESCO's High-Level Panel on the UN Decade for Education for Sustainable Development and a Special Advisor to the Swedish Commission for UNESCO on Education for Sustainable Development. He was the Deputy State Secretary in the Swedish Ministry of Education and Science in 1994–2004*

Lifelong Learning for Sustainable Development is the most important task for European societies today and in the foreseeable future. At first this seems like an overstatement. But is it really the case?

All of us have long been aware of the challenges facing humanity. None of us can possibly have missed the reports of the risks we run if we cannot limit the climate changes that are taking place. The challenges are greater than ever. Tackling climate change is only one of them. Other issues include combating poverty and hunger, HIV/Aids, improving child and maternal health, education, democracy, biodiversity, sustainable consumption and production patterns and so on. All these challenges have been well documented in a number of international conferences in Rio de Janeiro, Kyoto, UN Summit on the Millennium Development Goals, Doha, Monterrey and in the Summit on Sustainable Development in Johannesburg in 2002. Climate change is again on the agenda in Copenhagen in December this year.

To be able to face all these challenges successfully we have to find ways to an economically, socially and environmentally sustainable development. Kofi Annan (2001) expressed this into the words: "Our biggest challenge in this new century is to take an idea that sounds abstract – sustainable development – and turn it into reality for all the world's people".

But the calls from Johannesburg and other United Nations conferences have not been taken seriously. One of the reasons is the lack of political leadership in the efforts to achieve sustainable development, as underlined by Kofi Annan in his last great speech in Nairobi in 2006 (Annan, 2006).

### FROM WORDS TO DEEDS

The concept of sustainable development is most useful as it invites to common consideration. It can be made very concrete when you look upon the world from a local perspective. What are we able to do better in our pre-school, school, adult education, university department, company, public administration, to contribute to a sustainable development in our society? Sometimes the concept will be met with ironical remarks. Then we can remember that this was also the case with the concept democracy hundred years ago.

This also presupposes both political leadership and citizens' individual responsibility. And this presupposes of course education. The fact that Education for Sustainable Development (ESD) is a vital factor in achieving sustainable development was acknowledged at the summit in Johannesburg in 2002 and in the UN General Assembly decision to declare 2005–2014 as a UN Decade of Education for Sustainable Development (DESD).

Sustainable development must be the guiding light both in daily life in pre-schools, schools adult education and universities and in longer term planning. This requires everyone in schools and at universities – teachers and researchers, adult educators, pupils and students, school managers, together with parents and representatives of the community – to discuss and clarify how best to profile school and university activities in order to support the development of a sustainable society. This presupposes, of course, that the laws, regulations and curricula that schools and universities must follow are also designed to support such developments.

Why do political leaders in the EU and particularly Ministers of Education and Schools have to demonstrate a special responsibility to underline education as the key agent for achieving sustainable development? The reason is simple. It is about credibility. Sustainable development is an overall objective for the Union to which we belong and the EU was a considerable driving force behind the decisions taken in Johannesburg. EU's slogan during the conference was: "From words to deeds".

Even though educational issues are not the focal point of the Union's work, there are many teachers at all levels and educational politicians in the EU member states who feel a great responsibility to cooperate with others to change our education systems so that sustainable development becomes a guiding light in the education sector from pre-school to university. And it is an imperative necessity.

The necessity to change education is of considerable proportions all over the world. But the need is greatest in our part of the world, the wealthy part. At the same time as statistics so convincing demonstrate that the population in the wealthy part have the longest and most advanced education, the lifestyle of our population means that we consume most of the limited natural resources of the world,



most energy, we produce most emissions of greenhouse gases, and so on. In other words, we are making the outstanding biggest “ecological footprint”.

Education in general hasn’t been able to create sufficient insight into the need to change production and consumption patterns as the higher the average level of education, the greater the destructive impact on our planet. Can the need for a new kind of education – education for sustainable development – be expressed more clearly? Therefore we have to change, to re-orient, our education systems so they really are permeated by the perspective sustainable development, but at the same time also guarantee that everyone has their right to education in accordance with their human rights according to the UN Declarations. It must come now. Not in five years. Not in ten years. This is why the UN resolution on a special decade of education for sustainable development is so extremely important. It is a golden opportunity for all of us.

The political will and responsible leadership for tackling many of the major challenges facing humanity in all our countries can only be created by well-informed and educated public opinion. By people able to imagine the conditions in which other human beings live. By people who can see the human faces behind all the statistics. By people who can feel the disappointment of parents who cannot afford to send their children to school, who cannot give their hungry children food or who cannot protect their children from malaria, HIV/AIDS or other diseases. The world needs public opinion which, in democratic elections, elects political leaders who are able to take responsible and long-term decisions. This is the whole point of education for sustainable development.

## EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

UNESCO has for 30 years carried out excellent and vital work leading to the ideas we have today as to how we can describe Education for Sustainable Development. This is recorded in various documents. It is usually summarised in a number of key words and phrases: participation, responsibility, interdisciplinary working methods, global perspectives appropriately applied locally and culturally, critical thinking. ESD should lead to the willingness and ability to freely and voluntarily take part in work to achieve a sustainable future.

UN has designated UNESCO to be the lead agency for work to be carried out during the UN Decade. In this role, UNESCO has done so much to ensure success, but we must always bear in mind that responsibility for the key measures – national

measures – lies with the member states. UNESCO can only “invite and encourage” governments to “consider” measures to implement the fundamental ideas for ESD and the Decade in their respective education systems and plans.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), UN’s regional organization with 55 Member States, has also done an impressive work to strengthen ESD. The important UNECE Strategy for Education for Sustainable Development was adopted at the High-level meeting in Vilnius in March 2005. In the strategy ESD is defined as a lifelong process from early childhood to higher and adult education and goes beyond formal education. As values, lifestyles and attitudes are established from an early age, the role of education is of particular importance for children. Since learning takes place as we take on different roles in our lives, ESD has to be considered as a “life-wide” process. It should permeate learning programmes at all levels, including vocational education, training for educators, and continuing education for professionals and decision makers (UNECE, 2005, 5).

In the framework for implementation it is stated that each country is responsible for implementing the Strategy (<http://www.unece.org/env/esd>).

ESD can be formulated in different ways but they all express the same fundamental ideas. It feels quite natural at this point to mention briefly how it was formulated in my home country, Sweden, by the Government’s Committee on Education for Sustainable Development year 2004.

Education for sustainable development should be characterized by the following features:

- Many multifaceted illustrations of economic, social and environmental conditions and processes should be dealt with in an integrated manner by using interdisciplinary working methods.
- Conflicting objectives and synergies between different needs and interests should be clarified.
- Content should have a long-term perspective extending from the past to the future, from the global to the local.
- Democratic working methods should be used so that students can influence the design and content of educational programmes.
- Learning should be reality-based with close and frequent contact with nature and society.
- Learning should focus on problem solving and stimulate critical thinking and readiness to act.
- Both the process and the product of education are important (Committee on Education for Sustainable Development, 2004, 19).

Education intended to support sustainable development must reflect all three dimensions of sustainable development – economic, social and environmental. Sustainable development must not



be seen as a new field of study, but rather as a perspective that is added to all school and university subjects. The sustainable development perspective can then be seen as an aid for teachers to select relevant content in the educational process. It is important that, as far as possible, real problems are dealt with, problems that have an impact on students' lives and the reality and the society they live in. Problems that one can exert an influence on and which are important to achieving sustainable development both locally and globally. The work of the school must therefore also be directed towards society, to cooperation with people and organisations outside the school, at home as well as abroad.

Active pupil and student participation must be laid as early as pre-school, and opportunities must be provided for it to grow by allowing students to take part in planning activities throughout their time at school or university. The concept of participation must permeate education for sustainable development on every level. Students and pupils must be seen as full citizens while still taking part in an educational programme. The individual teacher is to provide a clear structure for the schoolwork, with clearly defined expectations for student performance. But it is important not to undermine the teacher's role as a knowledge bank and an expert in his or her fields. The teacher must never relinquish his or her responsibility to lead the process.

The development of a capacity for critical thinking and questioning is important, since there is no predetermined way in which to achieve sustainable development. It presupposes active, creative and critical citizens who are good at solving problems and conflicts through cooperation. Therefore, education for sustainable development is not indoctrination. It never should be, since we can never know for sure whether the application of certain knowledge or technology, or certain behaviour, can lead to the expected result.

ESD can be drawn on both in a more problem-oriented, interdisciplinary format, and also in the teaching of traditional subjects through the choice of examples and perspectives that make teaching more meaningful from a perspective of sustainable development. At the university level ESD can be achieved both by obligatory courses and by all subjects being taught from a sustainable development perspective – but the most important thing is that all students should be included.

Early Childhood Education in a process of lifelong learning has a particular importance as a basis for ESD. This was recently emphasised in the Gothenburg Recommendations on ESD adopted November 12, 2008 where it was stated that:

It is also imperative that Early Childhood Education is recognised as the starting point for lifelong learning

within ESD. All children have the right to education, and it is in the early years (birth to age 8) that children have the greatest capacity to learn. It is in the early childhood period that children develop their basic values, attitudes, skills, behaviours and habits, which may be long lasting. We know from experience that even very young children are capable of sophisticated thinking in relation to socio-environmental issues and that the earlier ESD is introduced the greater the impact can be (UNECE, 2008).

From this perspective, among others, the current information from the Education for All Global Monitoring Report 2009 is especially tragic:

One in three children in developing countries (193 million in total) reaches primary school age having had their brain development and education prospects impaired by malnutrition – a figure that rises to over 40% in parts of South Asia. High economic growth in some countries has done little to reduce child malnutrition, calling into question current public policies (EFA, 2009).

The need to eradicate hunger and extreme poverty as a precondition for the fight for sustainable development with the support of education cannot be expressed more clearly than this.

## HIGHER EDUCATION

Universities all over the world play a major role in work to develop and disseminate ideas on ESD. We should therefore think back to the highly significant United Nations University/UNESCO international conference entitled *Pathways Towards a Shared Future: Changing Roles of Higher Education in a Globalised World*. The conference was held in the UN House in Tokyo, on 29–30 August 2007. The concluding recommendations for Higher Education Institutions (HEIs) that emerged must be disseminated to universities around the world. They are as follows:

a) University authorities should draw up action plans to ensure that education is indeed characterised by a sustainable development (SD) perspective.

b) The boards of the faculties should assume responsibility for mainstreaming SD/ESD into all educational programmes. This should be done through a participatory process involving students and student organisations.

c) The boards of the faculties should improve opportunities for all members of the university community including students to become competent in SD and to engage with the (local) civil society.

d) The university managements should create an organisation/organisation structures with a cross-disciplinary mandate to promote ESD activities.

e) The universities should engage in joint learning experiences/create strong partnerships with companies, governments, NGOs etc. on SD/ESD.

f) HEIs should become models of SD, not only in what is taught but in how all manner of university activity is carried out, i.e. purchasing policy, campus greening, employment policy, equity and other such issues.

g) The boards of the faculties should earmark development funds in order to achieve the above objectives (UNESCO, 2008).

Universities in different parts of the world often proudly present their visions and objectives. One objective that comes up time and again in presentations is that the university will work towards becoming an internationally prominent university and conduct research of the highest world class. Their ambitions in the field of education are almost always lower than those in the field of research. Bearing in mind the challenges facing humanity, there is absolutely no reason to reduce levels of ambition for research, but there is every reason to raise the level of ambition for the education offered by our universities. Universities, above all, should be the institutions to reflect on what ESD could offer them. The universities that strive to improve the quality of their educational programmes must embrace the fundamental ideas of ESD and put them into practice. I wish that all universities, and in particular those that are sometimes referred to as prestige universities, should both compete and cooperate with each other to be among the forerunners as “Universities for a Sustainable Future”.

One way of emphasising the importance of sustainable development could be with the help of legislation. The Swedish Government proposed three years ago that the Swedish Parliament amend the Higher Education Act. The Parliament approved the amendment so that, with effect from 1 February 2006, Swedish universities and university colleges, “in their activities, higher education institutions shall promote sustainable development that ensures present and future generations a healthy and good environment, economic and social welfare and justice” (Ministry of Education and Research, 2006).

This is a very logical decision since it is absolutely essential that those who graduate from our universities as teachers, engineers, doctors, social workers, journalists, etc. must know how to work to achieve sustainable development. The proposal to amend the Higher Education Act has generally been received positively by the university leaders in Sweden. SD must be an important focus for universities, but their freedom to explore this idea in ways that make contextual sense to them and their stakeholders’ needs to be safeguarded against too instrumentalist and prescriptive a view.

The students’ own organisations are extremely important in this context. It is essential we encourage them to tackle the issue of education for sustainable

development. Those who are studying in higher education today are the ones who will be building for the future. They are the ones who will have to bear the consequences of the wrong, short-term decisions that are taken today. A civil engineer who graduates this year will have an active working life until the middle of this century. A teacher who graduates this year will, during her or his teaching life, influence people who will live into the next century. For this reason, students and their organisations must have every opportunity to influence educational programmes so that they promote sustainable development.

However, it is not enough for the sustainable development perspective to be limited to formal education. It must pervade all education, formal, non-formal and informal education, that is carried out in society, including personnel training at companies and in the public sector. I am convinced that the companies and public institutions that make sustainable development the guiding principle of their personnel training will soon realise the great advantages to this approach. Their staff will feel proud to be involved in operations that aim to make a responsible contribution to the sustainable development of society. Here I believe trade union organisations can play a particularly important and proactive role. It concerns trade unions in all fields throughout the world.

#### TOP-DOWN AND BOTTOM-UP

The 2005–2014 Decade of Education for Sustainable Development is the golden opportunity for all of us – committed teachers at all levels, school and university heads, students, education ministers and other education politicians all around the world – to take these matters seriously, to work with others to change all levels of our education systems, so that when the students have completed their education they will really possess the ability and will to work actively for sustainable development in our societies.

In Europe we have all the conditions necessary to ensure that the concept of sustainable development is integrated into our education systems. We have in general well-trained teachers, we have well-developed adult education in most of our countries, we have thousands of good universities and institutes of higher education with millions of students, and we have thousands of determined educational politicians. Thus, in order to be successful in our efforts, the promotion of ESD must be based on two processes, both of them equally important. One top-down and the other bottom-up. Both these processes must exist at all levels in society, national, regional and local.

The top-down process involves people with power and influence at various levels making use of

this power and influence to promote ESD. The bottom-up process is based on individual citizens knowledge of ESD and their willingness to assume responsibility to promote ESD even when there is no support from above, that is to say, even when those who have every opportunity to use their influence to promote ESD do not, for whatever reason. Most important in the top-down process are, of course, the governments of the UN member states which supported the action programmes from Johannesburg in 2002 and, before that, Agenda 21 in Rio de Janeiro in 1992. And most important in these governments are the ministers for education and the ministers for schools. These ministers must feel that they have the ultimate responsibility for being proactive in the work to promote ESD. They must, of course, cooperate with ministers for other relevant ministries. All too often at conferences, I have heard participants say they don't think the education or schools minister in their own country has assumed any responsibility at all for promoting ESD. Often it transpires that it's the environment minister in their country who has shown a certain amount of interest in ESD.

This is highly positive, of course, but because sustainable development covers issues that involve all three dimensions – economic, social and environmental – it obviously also applies to ESD which has its points of departure in the work to further SD. Since ESD is about changing, re-orienting, education systems so they can more vigorously support sustainable development in its three dimensions, then responsibility should naturally lie with education or schools ministers. The measures that governments should take to promote ESD include, of course, using laws and ordinances, national curricula, and other means to which governments have access, to change education systems so they are permeated by the sustainable development perspective.

At a lower level in the top-down process, those in power at state, regional or local level must also be made aware of their responsibility to promote ESD in schools in individual towns, for instance. Also in these cases, local decision-making assemblies provide opportunities to highlight ESD if those directly responsible for the schools do not live up to what must be expected of them.

The bottom-up process for ESD rests with the willingness of individual citizens, in their professional role, in their role as parents or grandparents or as members of non-governmental organisations, to help strengthen ESD. This could be the nursery school teacher or teacher in a small pre-school or school out in a rural area. This could be the teacher, janitor, or head of a run-down upper secondary school in a metropolitan suburb. This could be the

university lecturer at a famous prestige university, the journalist working for a teachers journal, the educator in a trade union organisation or the staff educator within a transnational corporation. It could also be all those who have realised that the implementation of ESD could make it more satisfying to be a teacher and, for the students and pupils, ESD could make it better and more meaningful to be in school. Many of them might be described as committed enthusiasts who are driven by a strong conviction and who have seen the truth in anthropologist Margaret Mead's words: "Never underestimate the power of a few concerned people to change the world. In fact, it's the only thing that ever has".

In order to strengthen the bottom-up process, it is essential to reach out with information on ESD and DESD to all those ordinary citizens who are deeply conscious of their responsibility. The ideas behind ESD are so well formulated and well motivated nowadays that, by using relatively simple information, it is possible to encourage these citizens to embrace the fundamental ideas behind ESD and also to realise that it is possible to apply them in a locally relevant context. In the countries that already have a well-developed ICT structure, it is possible to use these committed enthusiasts to help create networks of people who support each other with ideas and experience of ESD activities. It is therefore essential to urge teacher educators, teachers, pre-school teachers, university vice-chancellors, university lecturers in different disciplines, school heads, students and educators of every kind to make use of their existing networks or create new ones in order to enhance ESD.

We must do it now. There is no time to waste! The national UNESCO commissions also have a key role in this bottom-up process. The Decade of Education for Sustainable Development proclaimed by the United Nations is the golden opportunity we cannot afford to miss. Half of the Decade is almost over. So much new knowledge on ESD has emerged in recent years, with good examples from all sectors and all levels, that we now have a solid base on which to build. With the help of ICT, new knowledge and information is now available to a greater extent than ever before. There are many of us who can, and must, help disseminate knowledge on ESD to every corner of the world. This is an incredible challenge when we consider that there are more than 60 million teachers who represent a fraction of the groups that must be reached.

## SOME GOOD EXAMPLES

Since I have had the privilege of working politically with the issue on ESD for almost 10 years now, I have met many enthusiastic and hard-working people in

different parts of the world, people who really feel and show that the UN Decade on ESD is the big chance we cannot afford to miss. Teachers in pre-schools, schools and universities, adult educators. Students. Representatives of voluntary organisations. Decision makers. They are all aware of the extensive work we have ahead of us to change education systems so they can meet the challenges we face. The decision to implement a special Decade has really led to many excellent initiatives and measures which are being undertaken by highly committed individuals in all parts of the world. Here I will limit the number of examples of these initiatives to very few.

Of great importance is of course the Strategy for Education for Sustainable Development approved in March 2005 by the UN Economic Commission for Europe, UNECE, with its 55 Member States in Europe and outside Europe. It is of the greatest importance that this strategy will be implemented in all Member States of the region.

The UN University in Tokyo is currently working on creating what it calls Regional Centres of Expertise on Education for Sustainable Development in many parts of the world. These centres are networks of existing formal, non-formal and informal education organisations, mobilised to deliver ESD to regional communities establishing connections between universities, upper secondary schools, botanical gardens, regional authorities and so on. There are more than 60 of these centres at present (see <http://www.ias.unu.edu>).

A good way to make ESD more concrete for all the agencies in society is to highlight particularly good initiatives that are being undertaken to promote sustainable development through education. This could be achieved by awards of different kinds. An excellent example is what Germany is doing in the Decade Project (see <http://www.dekade.org/sites/>

projekte1.htm). This is based on a pre-school, school, university or organisation having the right to call itself a Decade Project for a period of two years, thus creating increased interest in its activities. The advantage to this type of award is that greater cohesion is created among the staff in the relevant unit in their work to promote sustainable development, while achieving higher quality in their organisation.

In Sweden the prize awarded by the education authorities is called "School for Sustainable Development" (see <http://www.skolverket.se/sb/d/2275/a/12732>). The pre-school or school that fulfils certain specific criteria is then given the right to call itself "School for Sustainable Development" for a period of three years. At the end of the period, they have the chance to apply for the award again but, this time, they must fulfil even stricter requirements to show they have come even further in their ESD efforts. It is important that the State should assume responsibility for an award to promote ESD and that the award should be based on criteria that take into account the three dimensions – economic, social and environmental – in the concept of sustainable development.

UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development takes place in Bonn, Germany in 31 March – 2 April 2009 with 700 participants from most of the countries in the world. This is a very important conference. Therefore, my sincere wish is that the representatives from Europe and particularly the Ministers of Education and School from the EU countries firmly indicate that we in Europe take ESD seriously. And demonstrate that Europe will show strong leadership in the important work, together with committed countries and individuals all over the world, to promote ESD during the second half of the UN Decade on Education for Sustainable Development.

## REFERENCES

Annan K. (2006). *Frightening lack of leadership*. Speech in Nairobi, Kenya, 15 November 2006. Available online at <http://www.un.org/News/Press/docs/2006/sgsm10739.doc.htm>.

Committee for Education for Sustainable Development. (2004). *Att lära för hållbar utveckling* [Teaching for sustainable development]. SOU 2004:104. Stockholm: Regeringskansliet. Available online at <http://www.regeringen.se/content/1/c6/03/41/44/0fe2bc94.pdf>.

EFA. (2009). *Overcoming inequality: why governance matters*. EFA monitoring report 2009. Paris, London: UNESCO & Oxford University Press. Available online at <http://unesdoc.unesco.org/images/0017/001776/177683e.pdf>.

Ministry of Education and Research. (2006). *Higher Education Act*. SFS 2006:173. Sweden: Ministry of Education and Research. Available online at <http://www.sweden.gov.se/content/1/c6/02/15/40/74807ef2.pdf>.

UNECE. (2005a). *Strategy for Education for Sustainable Development*. Available online at <http://www.unece.org/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.3.rev.1.e.pdf>

UNECE. (2005b). *Vilnius framework for the implementation of the UNECE strategy for Education for Sustainable Development*. Available online at <http://www.unece.org/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.4.rev.1.e.pdf>

UNECE. (2008). *The Gothenburg Recommendations on Education for Sustainable Development*. Available online at [http://www.esd-world-conference-2009.org/fileadmin/download/Gothenburg\\_RecommendationsAndBackground.pdf](http://www.esd-world-conference-2009.org/fileadmin/download/Gothenburg_RecommendationsAndBackground.pdf)

UNESCO. (2008). *Pathways towards a shared future: Changing roles of higher education in a globalized world*. Available online at <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001604/160439E.pdf>



---

# Теория и практика исследования водных экосистем

---







## ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ ОЗЕР КАРЕЛИИ

Т. В. Ефремова, Г. Э. Здоровеннова, Н. И. Пальшин

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

### ВВЕДЕНИЕ

Ледовый режим – особенности и изменение во времени процессов возникновения, развития и разрушения ледяных образований на водных объектах. Ледовый режим оказывает значительное влияние, прежде всего, на судоходство, качество воды, озерную экологию, рыболовство, рекреацию. С установлением ледостава резко изменяются условия теплообмена с атмосферой. Ледовый покров задерживает газовый обмен через поверхность воды и уменьшает проникновение солнечной радиации, необходимой для фотосинтеза. Результирующее уменьшение растворенного кислорода негативно сказывается на озерных экосистемах, а в экстремальных ситуациях (особенно на мелких водоемах) может вызывать заморы рыбы.

Установление и развитие ледового покрова являются результатом погодных условий (прежде всего температуры воздуха) и, следовательно, могут служить индикаторами климата и климатических изменений. В условиях глобального потепления сокращение сроков ледового покрова может оказывать сильное влияние на зимнюю экологию из-за нарушения стабильности окружающей среды, необходимой для различных уровней пищевых цепей. Это может привести как к позитивным, так и к негативным последствиям распространения и даже выживаемости некоторых видов.

В ледовом режиме водоемов различают три периода: замерзание, ледостав и вскрытие, продолжительность которых определяется метеорологическими, а также морфометрическими характеристиками данного водоема.

В работе обобщены опубликованные натурные данные ледовых характеристик по 38 озерам Карелии с начала XX в. по 1989 г. (Гидрологические ежегодники. 1936–1989; Многолетние данные..., 1986, 1987). Наблюдения проводились на озерных постах в прибрежной зоне от начала ледовых явлений осенью до их окончания весной. Ряды по измерениям температуры воды в этих водоемах неоднородны и имеют различную длину от 11 до 58 лет, причем на 59% озер наблюдения проводились более 40 лет, а на 19% озер – менее 20 лет. Самые ранние опубликованные наблюдения за ледовыми явлениями имеются для озер Гимольского (1912 г.), Верхнего Куйто (1912 г.), Выгозера

(1913 г.), Сандаля (1914 г.). Среднемесячные данные о температуре воздуха соответствовали периодам ледовых наблюдений. Каждому озеру подбиралась ближайшая репрезентативная метеостанция, использовались данные 19 станций.

### ЗАМЕРЗАНИЕ ОЗЕР

За начало осенних ледовых явлений принята дата появления любых устойчивых ледяных образований (заберегов, плавающего льда и т. п.), а за начало ледостава принята дата образования устойчивого ледяного покрова (продолжительностью не менее 20 дней). На большинстве озер исследуемого региона озерные ледовые образования появляются в период перехода температуры воздуха через 0 °С, на северных озерах, как правило, в третьей декаде октября, а на южных – во второй декаде ноября. Установление ледостава на озерах Карелии обычно происходит в ноябре – декабре. Анализ имеющихся материалов показал, что при увеличении географической широты на каждый 1° с. ш. (111 км) ледостав на однотипных озерах устанавливается на 2,3 сут раньше, а сроки очищения задерживаются на 3,4 сут. При увеличении высоты над уровнем моря на 100 м ледостав устанавливается раньше на ~9 сут, в то время как очищение водоемов ото льда запаздывает на ~5 сут.

Среднегодовое наступление ледостава варьируют от первой декады ноября для малых озер до первой декады декабря для глубоководных озер (рис. 1). Из имеющихся материалов наблюдений самый ранний ледостав наблюдался на оз. Выгозеро в 1916 г. – 10 октября. Поскольку до конца 30-х гг. прошлого века наблюдения проводились нерегулярно и на ограниченном числе озер, эти данные трудно сравнивать. Как правило, самые ранние сроки установления ледостава наблюдаются на малых водоемах во второй декаде октября. Самые поздние сроки установления ледостава на малых озерах – конец ноября – начало декабря, а на крупных глубоководных (Сегозеро, Пальезеро) – вторая декада января. На малых озерах, где тепловой запас и перемешивание невелики, а охлаждение по площади происходит почти равномерно, сплошной ледяной покров может образоваться почти одновременно на всей площади за счет смыкания заберегов,

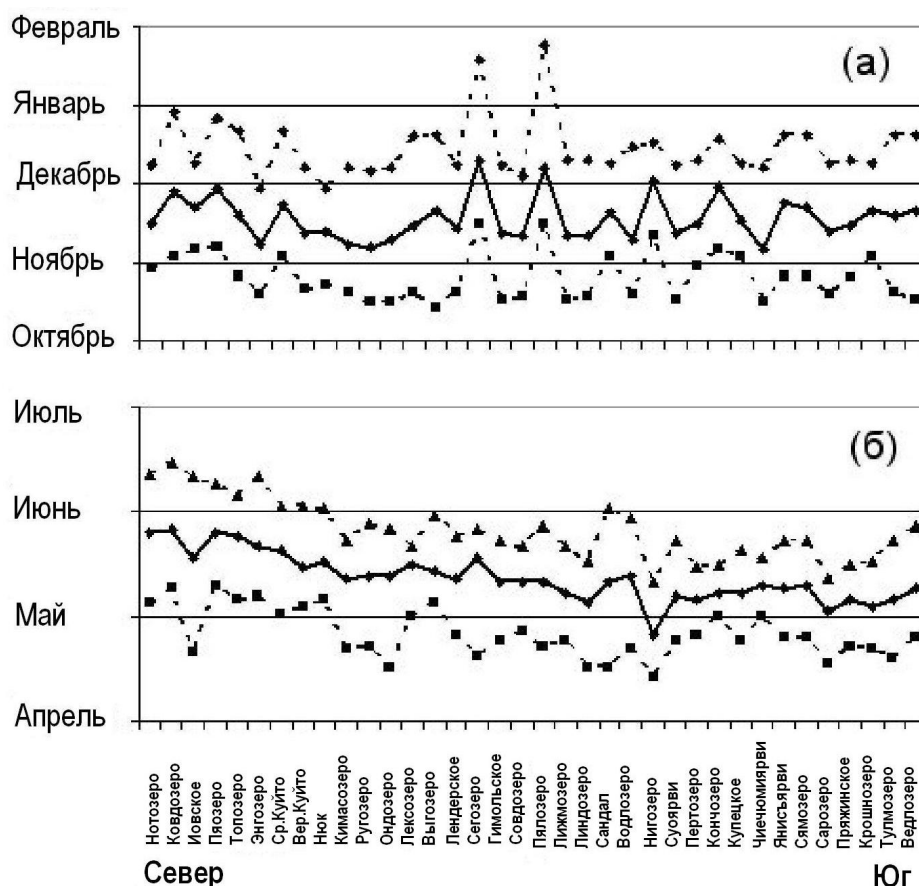


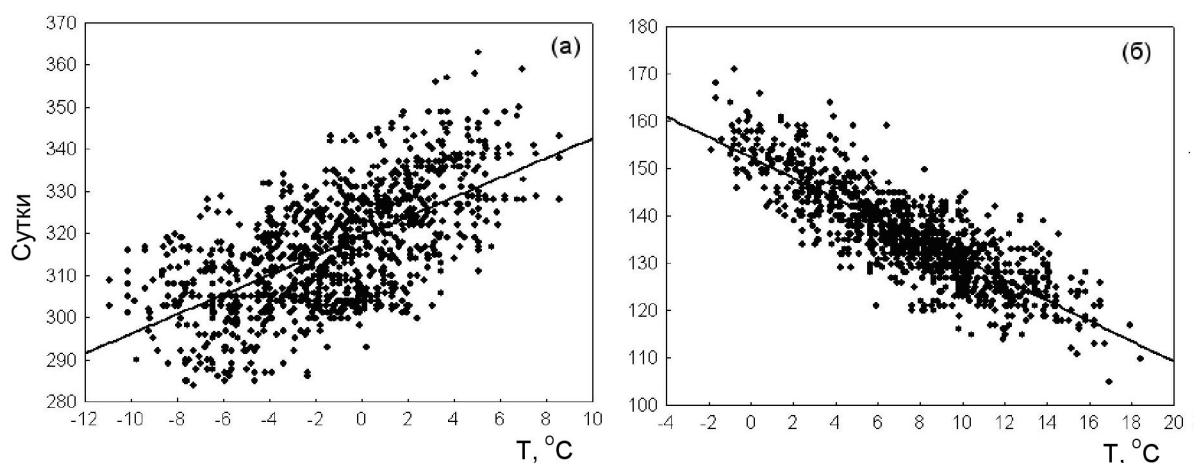
Рис. 1. Сроки наступления (а) и окончания (б) ледостава:

сплошная линия – среднемноголетняя дата, пунктирная линия – ранняя и поздняя даты.  
Озера расположены с севера на юг

продвигающихся от берегов к центру озера. Если похолодание сохраняется, то возникновение первой ледяной корки является и установлением ледостава. На крупных глубоких озерах со сложной формой котловины, обладающих большим и неравномерно распределенным запасом тепла и подверженных сильному ветровому воздействию, установление ледостава происходит неодновременно по площади. На Онежском, Ладожском озерах интервал времени от появления первых ледяных образований до установления сплошного ледостава на отдельных участках может достигать до 20–45 сут, а общая продолжительность замерзания всего озера – до трех месяцев. На Онежском озере ледостав в среднем наступает 18 января и только в очень теплые зимы полный ледостав наступает в конце февраля. В умеренные зимы акватория Ладожского озера покрывается сплошным льдом в первой половине февраля, в суровые зимы – в конце января, а в теплые зимы ледовый покров озера составляет 50–60%. В среднем один раз в течение 4–5 лет Ладожское озеро не полностью покрывается льдом (Тихомиров, 1982).

Отрицательная сумма температур воздуха, необходимая для замерзания озера, варьирует в зависимости от его размеров. Для очень мелких озер достаточна сумма 20 градусо-дней, в то время как для глубоких – более 150–200 градусо-дней (Ресурсы..., 1972), для Онежского озера – 500 °С, а для Ладожского – 750–800 °С (Тихомиров, 1982).

Для установления связи между датой замерзания и температурой воздуха нами использовалась фиксированная средняя температура воздуха за определенный календарный период. Такая температура предпочтительнее, чем сумма отрицательных температур, в силу доступности материала. Как правило, даты установления ледостава наиболее тесно коррелируют с температурами воздуха за месяц или два до начала события. В результате проведенного анализа было установлено, что для озер рассматриваемого региона даты замерзания отражают климатические условия с октября по ноябрь (рис. 2, а). Отклонение средней температуры воздуха за два месяца в период, предшествующий развитию ледовых событий, на 1 °С от среднемноголетнего значения вызывает



Р и с . 2 . График связи даты установления ледостава и средней температуры воздуха (октябрь – ноябрь) (а); даты окончания ледостава и средней температуры воздуха (апрель – май) (б) за годы наблюдений

изменение в дате установления ледостава на 2,9 сут.

Таким образом, замерзание озер зависит от температуры воздуха и геометрических размеров водоема. Проведенный регрессионный анализ показал, что ключевым параметром для замерзания озер является их средняя глубина. В глубоком озере более высокие температуры воды в комбинации с большими глубинами (и связанная с этим большая теплоемкость) задерживают замерзание, и водоем интегрирует температуру воздуха за более длительный период. Естественно, чем меньше водоем, тем остывание его происходит быстрее. Это следует из формулы (Зайков, 1957), определяющей время  $t$  остывания столба воды высотой  $h$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$t = \frac{h \cdot \theta}{Q},$$

где  $\theta$  – средняя температура воды на вертикали,  $Q$  – теплоотдача воды.

Например, сроки установления ледостава для крупного глубоководного северного оз. Сегозеро (средняя глубина – 29 м, максимальная глубина – 103 м) и расположенного на пять с половиной градусов южнее оз. Валдайского (средняя глубина – 13,8 м; максимальная – 52,5 м) достаточно близки, что свидетельствует о существенном влиянии средней глубины озера на дату установления ледостава (рис. 3, а).

Никакие значимые соотношения между площадью поверхности озера и началом установления ледостава не найдены. С одной стороны, над озерами с большой площадью происходит усиление ветра, что способствует увеличению потерь тепла на испарение и выхолаживанию всей водной толщ озер. С другой стороны, из-за перемешивания нагревается приповерхност-

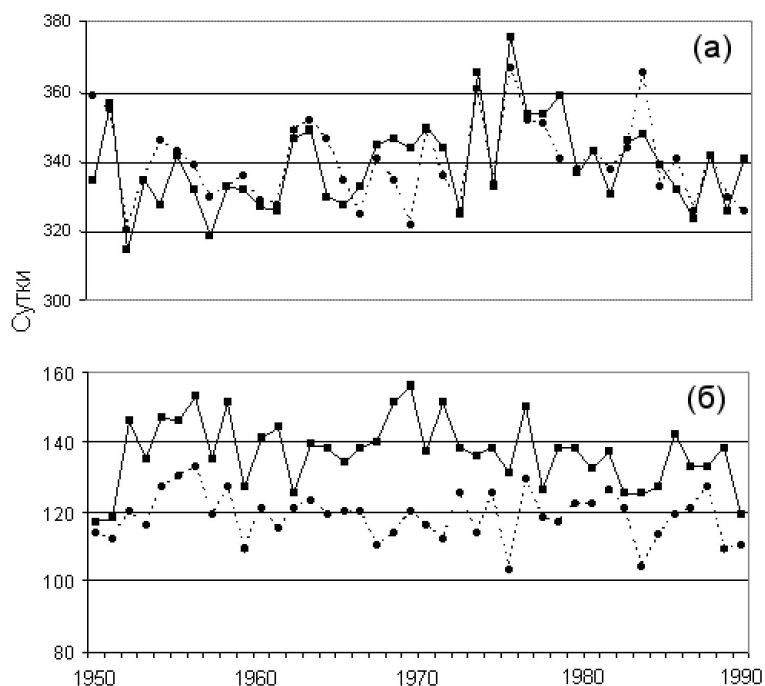
ный слой воды, а сам ветер, взламывая лед, механически препятствует образованию ледового покрова. В результате одни эффекты компенсируются другими.

Следовательно, дата установления ледостава является главным образом функцией температуры воздуха, географической широты, высоты над уровнем моря и средней глубины. Увеличение температуры и глубины вызывает более позднее установление ледового покрова, в то время как высота или широта при их увеличении приводят к более ранним срокам начала ледостава.

Данные о толщине льда (в сантиметрах) получены за период с 1944 по 1989 г. Наблюдения проводились обычно через 5–10 сут на прибрежных станциях. Наибольший прирост толщины льда наблюдается, как правило, в декабре–январе по мере увеличения суммы отрицательных температур воздуха, причем процесс нарастания льда происходит одновременно и снизу, и сверху. В дальнейшем с увеличением мощности ледяного покрова и высоты снега на нем интенсивность нарастания толщины льда замедляется (табл.). Наибольшая толщина льда на южных озерах наблюдается в третьей декаде марта, на северных озерах – в первой декаде апреля, и в среднем она равна на южных озерах 50–60 см, а на северных – 60–70 см. Наибольшая зарегистрированная за период наблюдений толщина льда составляла 108 см на оз. Пяозеро 5 апреля 1985 г.

СРЕДНЕМОГОЛЕТНЯЯ ТОЛЩИНА ЛЬДА НА КОНЕЦ МЕСЯЦА, см

	31 декабря	31 января	28 февраля	31 марта
Средняя	32	45	54	58
Минимальная	22	34	38	40
Максимальная	40	51	53	71



Р и с . 3 . Даты установления (а) и даты окончания (б) ледостава на оз. Сегозеро (сплошная линия) и оз. Валдайском (пунктирная линия)

Процессы роста льда на малых и крупных озерах различаются. В самых крупных водоемах преобладает образование кристаллического льда. В малых озерах из-за перегрузки льда снегом на поверхность выступает вода и при замерзании образуется белый лед. Общая толщина льда и его текстура зависят от суровости зимы и от количества атмосферных осадков. Часто между верхним и нижним льдом наблюдаются прослойки воды со снегом. В периоды образования белого льда кристаллический лед не растет. Толщина белого льда в малых озерах к концу зимы составляет 30–50%.

#### ВСКРЫТИЕ И ОЧИЩЕНИЕ ОЗЕР ОТО ЛЬДА

Весной с увеличением прихода тепла происходит таяние и разрушение льда, а затем и вскрытие водоема. Вскрытие водоема – длительный процесс. Таяние снежно-ледового покрова начинается с таяния снега и пропитывания его водой, что приводит к уменьшению альбедо снега (отношения отраженной радиации к падающей), в результате более значительная часть солнечной радиации проникает через лед, вызывая его таяние. После освобождения ледового покрова от снега начинается интенсивное стаивание льда сверху. Часть солнечной радиации может проникать через лед в воду, нагревая ее и вызывая таяние льда с нижней поверхности. Механизмы разрушения льда различны и определяются географическим по-

ложением водоема, погодными условиями, количеством тепла, проникающего через лед, в зависимости от структуры льда и снега. Для более мощного льда необходимо для таяния больше тепла, чем для тонкого. Таким образом, в годы с большей толщиной льда вскрытие водоема будет происходить позже, чем в средние годы.

За дату вскрытия, или окончания ледостава, принимается дата, предшествующая первой дате появления битого льда, начало дрейфа льда под действием ветра, ледохода. За дату очищения ото льда принят день, после которого ледовые явления в водоеме в данном сезоне уже не наблюдались. На малых водоемах лед обычно тает на месте, поэтому за дату окончания ледостава принят последний день с ледяным покровом, после которого площадь участков чистой воды составляет 30%. Среднемноголетнее окончание ледостава на исследованных северных озерах региона наступает на 2–3 недели позже (третья декада мая), чем на южных (первая декада мая). Самые поздние сроки окончания ледостава наблюдаются на северных озерах – первая декада июня. Самые ранние сроки – середина апреля (рис. 1, б). Период от даты вскрытия до даты очищения ото льда для малых озер в среднем составляет 3–5 дней. На крупных глубоководных озерах разрушение ледового покрова может продолжаться несколько недель. Так, период разрушения льда на Ладожском озере после зим с полным ледоставом начинается в среднем 25 апреля и продолжается



почти месяц. На Онежском озере этот период начинается в среднем 3 мая и длится 15–16 дней, редко превышая 20, а самый короткий период составлял 8 дней (Тихомиров, 1982).

Время окончания ледостава и очищения озера ото льда имеет большое экологическое значение, так как после исчезновения ледового покрова резко изменяются подводный световой режим, кислородные условия, питательный режим, влияющие на биопродуктивность водоема. Образование и разрушение льда – фундаментально различные процессы. Глубина – физически самая важная в образовании ледового покрова – почти не оказывает никакого влияния при его разрушении. Это утверждение хорошо иллюстрирует рис. 3. Так, если даты замерзания южного для данного региона оз. Валдайского и глубоководного оз. Сегозеро почти совпадают (рис. 3, а), то даты окончания ледостава на оз. Сегозеро наступают в среднем на 19 сут позже, чем на оз. Валдайском. Сроки очищения озер ото льда в основном связаны только с географической широтой. Как и даты начала ледостава, даты окончания ледостава хорошо коррелируют с температурой воздуха для данного региона за два месяца – апрель и май (рис. 2, б).

Продолжительность ледостава определялась от даты установления ледостава в предшествующем году до даты окончания в данном году. Когда замерзание происходит рано, то период ледового покрова, как правило, будет длиннее, чем при средних значениях. Среднепогодная продолжительность ледостава на северных озерах составляет в среднем 180–190 сут,

на южных – 160–170 сут. Максимальная продолжительность ледостава наблюдалась в оз. Энгзеро зимой 1971–1972 гг. – 231 день.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СНЕЖНО-ЛЕДОВОГО ПОКРОВА ОЗЕРА ВЕНДЮРСКОГО

Снежный и ледовый покров мелководного озера изучался сотрудниками лаборатории гидрофизики Института водных проблем Севера КарНЦ РАН на примере Вендюрского озера. В зимние месяцы 1994–2009 гг. изучалась структура и оптические свойства снежно-ледового покрова озера, а также проводились измерения потоков падающей, отраженной и проникающей под лед солнечной радиации. Описание использовавшихся приборов приведено в (Петров и др., 2005).

Озеро Вендюрское, находящееся в южной части Карелии (широта  $62^{\circ}10'–62^{\circ}20' N$ , долгота  $33^{\circ}10'–33^{\circ}20' E$ ), – относительно небольшой (площадь зеркала 10,4 км<sup>2</sup>) и мелководный (средняя и максимальная глубины 5,3 и 13,4 м, соответственно) водоем, принадлежащий к бассейну водной системы р. Суны. Котловина оз. Вендюрского ледникового происхождения, вытянута с запада на восток, длиной ~7, шириной ~1,5 км (рис. 4).

Осенью озеро охлаждается в состоянии гомотермии под действием ветрового перемешивания и термической конвекции, обусловленной наличием максимума плотности пресной воды при температуре около 4 °С. В предледоставный период озерная водная масса и верхний слой донных отложений теряют накопленное за лето

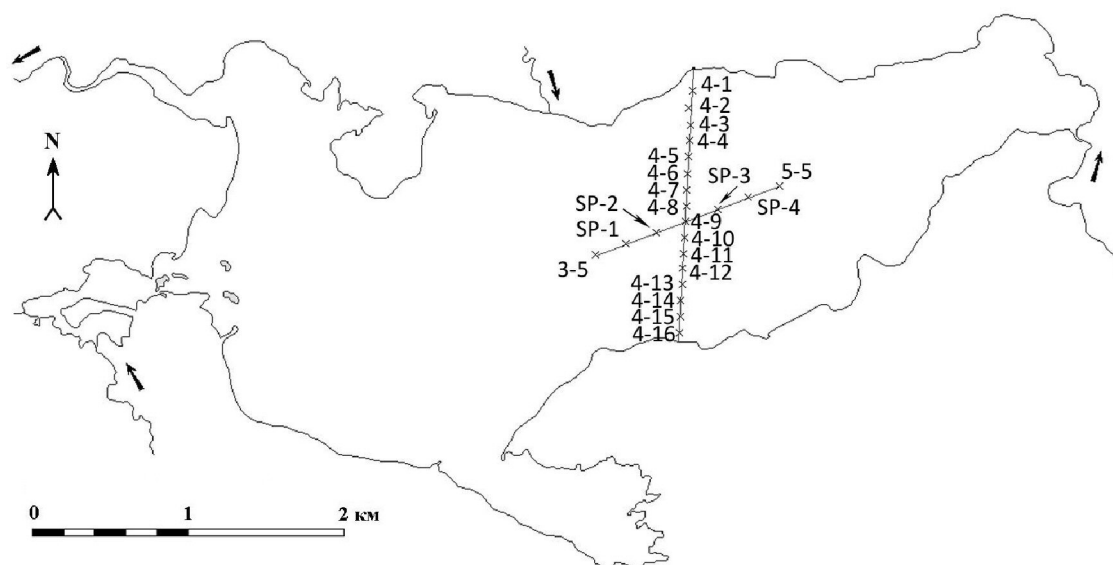


Рис. 4. Положение станций измерений толщины и описания структуры озерного снега и льда и станции актинометрических измерений (ст. 4-3)

тепло. Чем короче предледоставный период, тем меньшее количество тепла теряется донными отложениями и тем интенсивнее с началом ледостава нагревается озеро вследствие передачи тепла от донных отложений в воду. Чем выше температура водной массы озера непосредственно перед образованием льда, тем быстрее в первые дни ледостава выравнивается градиент на границе вода – донные отложения и тем медленнее в дальнейшем повышается температура воды. В момент, непосредственно предшествующий появлению льда, средняя температура столба воды в оз. Вендюрском в разные годы составляет 0,3–1,8 °С.

Данные многолетних наблюдений показывают, что ледовый покров на оз. Вендюрском обычно устанавливается в первой половине ноября, однако в отдельные годы это происходит позже (вторая половина ноября – начало декабря). Озеро освобождается ото льда 1–19 мая.

Продолжительность ледостава, таким образом, составляет ~150–190 сут.

На рис. 5 приведены фотографии, иллюстрирующие интенсивное выхолаживание водной массы оз. Вендюрского вечером 21 октября 2007 г. и появление утром 22 октября вдоль линии берега тонкого слоя кристаллического льда.

Ледовый покров оз. Вендюрского состоит из белого и кристаллического слоев. Кристаллический лед образуется в начале зимы. На его нижней границе поддерживается температура замерзания воды (0 °С). На границе льда с воздухом зимой температура редко поднимается выше нуля. Градиент температуры в толще льда определяет скорость его нарастания. В начале зимы при морозной погоде толщина кристаллического льда оз. Вендюрского увеличивается в день на 0,5–1,0 см. Формирование белого льда начинается во время снегопадов: в результате давления выпадающего снега на кристалличе-



Р и с . 5 . Интенсивное выхолаживание поверхностного слоя водной массы оз. Вендюрского вечером 21 октября 2007 г. (верхний левый снимок), появление вдоль линии берега тонкого слоя кристаллического льда утром 22 октября 2007 г. (верхний правый снимок), образец кристаллического льда с включением пузырьков воздуха (нижний левый снимок), покрытые инеем растения вблизи береговой линии озера (нижний правый снимок)

ский лед в нем образуются трещины, через которые вода выходит на поверхность. Вода пропитывает нижний слой снега, который со временем замерзает, образуя белый лед. К концу зимы образуется белый лед с многослойной структурой, включающий в себя иногда две-три прослойки воды со снегом. Толщина белого льда оз. Вендюрского к концу зимы достигает 0,1–0,3, а кристаллического составляет в среднем ~0,3–0,5 м (Петров и др., 2005). На протяжении всей зимы поверхность льда покрыта слоем снега, толщина которого достигает максимальных значений (0,3–0,4 м) в марте – начале апреля. К концу апреля снег практически повсеместно стаивает. На протяжении всех лет наблюдений на оз. Вендюрском фиксировалась существенная пространственная изменчивость толщины и структуры ледового покрова по площади озера (рис. 6, 7).

Процесс кристаллизации льда в озерах сопровождается выделением в воду растворенных в ней солей и газов. Химический анализ образцов льда на разных озерах показал, что в кристаллическом льду минеральных и органических веществ меньше, чем в озерной воде, в 5–10 раз, а содержание растворенного кислорода снижается в 3–4 раза. В белом льду концентрации химических веществ выше, чем в кристаллическом, но меньше, чем в воде.

Весной ведущая роль в тепловом бюджете озера переходит к проникающему под лед потоку солнечной радиации, величина которого зависит от толщины и структуры снежно-ледового покрова, его альбедо (отношения отраженной радиации к падающей), высоты Солнца и погодных условий. Весной погодные условия

над озером изменяются достаточно быстро, при этом существенно меняются оптические свойства его поверхности. В течение нескольких часов снежная буря может смениться солнечной малооблачной погодой, что наблюдалось 19 апреля 2008 г. (рис. 8).

Альбедо свежевывающего снега приближается к 1,0, т. е. практически вся падающая на поверхность радиация отражается. Поскольку весной поток приходящей на поверхность озера солнечной радиации велик, выпавший снег быстро тает. Уже через несколько часов после снегопада на поверхности озера местами наблюдаются темные пятна (пропитавшийся водой снег), альбедо которых на 20–25% ниже альбедо окружающей заснеженной поверхности (рис. 9). При стаивании свежего снега альбедо поверхности уменьшается до 0,6–0,8, а к концу ледостава, когда на поверхности льда почти повсеместно появляется талая вода, – до 0,2–0,4 (Петров и др., 2005).

По данным актинометрических измерений в 1995–2009 гг. установлено, что в середине апреля потоки падающей и отраженной солнечной радиации на верхней границе снежно-ледового покрова оз. Вендюрского составляют 500–800 и 200–500 Вт м<sup>-2</sup>, соответственно. Поток солнечной радиации, проникающей в воду, в середине апреля составляет 2–20, в последней декаде апреля – 50–120 Вт м<sup>-2</sup>.

Для оценки степени ослабления солнечной радиации снегом и льдом в апреле 2004, 2005 и 2007 гг. проводились серии экспериментов с образцами озерного снега и льда. Измерения падающей и отраженной солнечной радиации проводились на поверхности снега и льда.



Рис. 6. Изменение толщины снежно-ледового покрова оз. Вендюрского вдоль поперечного (станции через 100 м) и продольного (через 250 м) разрезов 18.04.2006 г.:

1 – снег, 2 – белый лед, 3 – кристаллический лед





Рис. 7. Пространственная изменчивость толщины и структуры ледового покрова оз. Вендюрского 17–18 апреля 2005 г.



Рис. 8. Снежная буря над озером 19 апреля 2008 г. 11 ч 22 мин (левый снимок); после бури поверхность озера покрыта тонким слоем свежесыпавшего снега, 16 ч 22 мин (правый снимок)



Рис. 9. Изменение состояния поверхности оз. Вендюрского в течение 16 апреля 2008 г.: в 10 ч 32 мин заснеженная поверхность (левый снимок), в 13 ч 15 мин поверхность озера с темными пятнами (правый снимок)



Также измерялась солнечная радиация, прошедшая сквозь слои снега и льда разной толщины. На рис. 10 показано размещение пиранометра в снежном покрове и измерения падающей и отраженной радиации на поверхности снега 17 апреля 2005 г.

Из ледового покрова оз. Вендюрского в апреле 2005 и 2007 гг. выпиливались блоки льда. В эксперименте 2005 г. выпиленный блок льда был разделен на слои кристаллического и белого льда (рис. 11). Боковые грани блоков льда оборачивались черной бумагой (для предотвращения попадания на нижнюю границу блока рассеянного света). Затем блоки льда устанавливались на специальных конструкциях для дальнейшего измерения солнечной радиации на их нижних границах.

В эксперименте 2007 г. в период с 13 по 19 апреля было выпилено четыре блока льда, в нижних гранях которых высверливались отверстия разной глубины. В эти отверстия помещались датчики, фиксирующие проходящую через слои льда разной толщины солнечную радиацию (рис. 12).

Эффективный коэффициент ослабления (ЭКО) солнечной радиации в снежном и ледовом покровах был оценен исходя из предположения, что солнечная радиация снижается в них по закону Бугера-Ламберта:

$$I(z) = I(0)e^{-kz},$$

где  $I(0)$ ,  $I(z)$  – солнечная радиация на поверхности снежного или ледового покрова и на глубине  $z$ , Вт м<sup>-2</sup>;  $k$  – ЭКО солнечной радиации в слое снега или льда от поверхности до  $z$ , м<sup>-1</sup>.

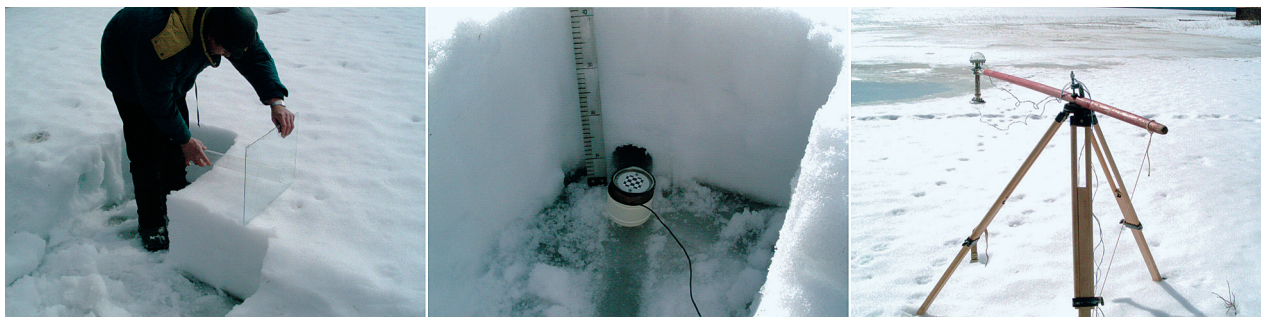


Рис. 10. Размещение пиранометра на нижней поверхности снежного покрова оз. Вендюрского 17 апреля 2005 г. (левый и центральный снимки) и измерение падающей и отраженной радиации на поверхности снега (правый снимок)



Рис. 11. Эксперимент 22 апреля 2005 г.: извлечение блока льда и измерение его толщины (верхние левый и центральный снимки); разделение слоев кристаллического и белого льда (верхний правый снимок); оборачивание блоков льда черной бумагой (нижний левый снимок); измерение падающей и отраженной радиации на верхней границе блоков льда (нижний центральный снимок); измерение радиации на нижней границе блоков льда (нижний правый снимок)





Рис. 12. Эксперимент 13 апреля 2007 г.: выпиливание и извлечение блока льда (верхние левый и центральный снимки); измерение его толщины (верхний правый снимок); высверливание отверстий в блоке льда (нижние левый и центральный снимки); размещение в отверстиях датчиков, измеряющих радиацию (нижний правый снимок)

В результате обработки полученных в ходе экспериментов данных было установлено, что слой снега толщиной 0,15–0,20 м и слой льда толщиной 0,40 м поглощают ~90 и 80% солнечной радиации, падающей на их верхнюю границу, соответственно. Среднее значение ЭКО снега составляет 11,3–11,7, белого льда – 6,8–8,0, кристаллического – 2,2–2,4, льда смешанной структуры (с разным соотношением белого и кристаллического) – 2,7–4,9 м<sup>-1</sup> (Петров и др., 2005).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ многолетних данных, проведенный в Институте водных проблем Севера по озерам различного размера, глубины и географического положения, позволил определить, какие из этих характеристик оказывают наибольшее влияние на дату начала ледостава, его окончания, продолжительности и толщину льда. Независимые входные переменные вклю-

чали климатические, географические и батиметрические параметры. Отмечено существенное различие процессов ледового образования и разрушения для крупных глубоководных и мелководных водоемов. На примере оз. Вендюрского показаны уникальные экспериментальные исследования, проводимые лабораторией гидрофизики, по изучению ледового режима мелководного озера. Проиллюстрированы эксперименты по изучению пространственно-временной изменчивости толщины и структуры снежно-ледового покрова, по определению степени поглощения солнечной радиации снегом и льдом, показана их зависимость от погодных условий. Установлены характерные значения эффективных коэффициентов ослабления для снега, белого и кристаллического льда.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-05-00351).

## ЛИТЕРАТУРА

**Гидрологический ежегодник.** Л.: Гидрометеопиздат, 1936–1989.

**Многолетние данные** о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1, вып. 5. Л.: Гидрометеопиздат, 1986. 688 с.; Т. 1, вып. 7. Л.: Гидрометеопиздат, 1987. 220 с.

**Петров М. П., Тержевик А. Ю., Пальшин Н. И. и др.** Поглощение солнечной радиации снежно-ледовым покровом озер // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 5. С. 546–554.

**Ресурсы** поверхностных вод СССР. Т. 2: Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. Л.: Гидрометеопиздат, 1972. 525 с.

**Тихомиров А. И.** Термика крупных озер. Л.: Наука, 1982. 232 с.

# ВЛИЯНИЕ КРУПНОГО ВОДОЕМА НА КЛИМАТ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Л. Е. Назарова\*, А. С. Макарова\*\*

\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

\*\* Карельская государственная педагогическая академия

Известные слова А. И. Воейкова «...реки – продукт климата» применительно к озерам, по мнению В. Н. Адаменко (1985), следует дополнить. Озера – продукт не только климата, но и своего собственно состояния, определяемого условиями прошлого и настоящего. Кроме того, с полным правом можно говорить о климато-гидрологических системах. Система (от греч. σύστημα – «составленный») – множество взаимосвязанных объектов, организованных некоторым образом в единое целое. Не только климат влияет на формирование и изменения водоемов, но и водоемы, хотя и в меньшей степени, способны влиять на климат. В климатологии данное явление носит название *озерный эффект* – влияние озера на условия погоды и климата на берегах и на некотором расстоянии от берегов.

Эффекты влияния водоемов на метеорологические условия прилегающих территорий исследовались многими авторами. В настоящей работе будет предпринята попытка обобщить основные теоретические положения и оценки по этому вопросу.

Для территории Карелии исследование данного вопроса является актуальным, поскольку своеобразие климата республики определяется влиянием большого числа водных объектов, расположенных на ее территории. Озерность территории составляет 12% (озерность территории – это отношение суммарной поверхности озер, расположенных в пределах ландшафта, водосбора, природной зоны, страны, материка, ко всей площади рассматриваемой территории, выражаемое обычно в процентах, показатель, определяющий, какую часть данной территории занимают озера), а с учетом карельских частей Онежского и Ладожского озер достигает 21%, являясь одной из самых высоких в мире (Литвиненко, 1999). Для сравнения, самыми озерными странами являются Финляндия и Швеция, озерность которых составляет соответственно 9,4 и 8,6%. Всего в Карелии насчитывается более 61 тыс. озер и водохранилищ, суммарная площадь – около 18 тыс. км<sup>2</sup>. Такое количество водных объектов на территории республики не может не оказывать определенного влияния на ее климатические условия.

Микроклиматические особенности водоемов и прилегающих к ним территорий возни-

кают в основном из-за различий в структуре теплового баланса. Суша нагревается быстрее, чем вода, но и быстрее остывает. В связи с разностью температур над водоемом и сушей возникает местная циркуляция воздушных масс.

С водоемами связаны как суточные, так и сезонные движения воздушных масс. Суточные движения связаны с изменениями температур воды и суши в течение суток. Такая местная циркуляция – это бриз. Название происходит от французского слова *brise* – легкий ветер. Ветер, подобный морскому бризу, но более слабый, дующий с поверхности большого озера в сторону берега в дневные часы, называется озерный бриз. В ночное время он сменяется береговым бризом (Хромов и др., 1974). Такие бризы наблюдаются на Онежском и Ладожском озерах, на озере Севан, на Великих озерах в Северной Америке. В переходное время суток, утром и вечером, отмечаются периоды штилевого безветрия. Бризы наиболее четко выражены в теплое время года. Днем над нагретой сушей возникают восходящие потоки теплого воздуха, в результате чего давление над сушей уменьшается, и холодный воздух с водоема поступает на сушу, где снова нагревается. Возникает дневной бриз. Ночью, когда поверхность суши становится холоднее поверхности водоема, возникает обратная циркуляция – ночной бриз. Утром обычно отмечается затишье, связанное со сменой ночного бриза дневным, после чего ветер усиливается и к 13–15 часам достигает максимальной скорости. Вечером дневной бриз стихает, сменяясь ночным. В переходные периоды года (март и сентябрь), когда разность температур суши и воды приобретает минимальные значения, отмечается стагнация процесса. Бризы могут возникать как на крупных, так и на мелких водоемах. Чем крупнее водоем, тем больше скорость бриза и его вертикальная мощность. Бризы крупных озер распространяются вглубь побережья на 10–30 км, бризы рек и малых водохранилищ – в пределах 10 км. Наиболее часто бризовые циркуляции возникают в низких широтах, в средних широтах бризы выражены слабее. Рельеф прибрежных территорий влияет на проникновение бриза вглубь суши. Наиболее далеко (на десятки, а иногда до 100 километров) бризы проникают на плоских побережьях. При нахождении на побережье

горных преград проникновение бризов вглубь территории значительно меньше.

На Ладожском озере бризы наблюдаются на всем побережье летом в безветренные солнечные дни и ясные ночи. Озерный бриз начинается около 9 ч и продолжается до 20 ч. Скорость его 2–6 м/с; распространяется на 5–8 миль вглубь суши.

Скорости ветра при бризовой циркуляции могут быть различны, от 1–2 до 7 м/с в случае развитого бриза. Водоемы влияют на скорость ветра и при отсутствии бризовой циркуляции. Над водоемами скорость ветра всегда больше, чем над прилегающими участками суши, вследствие малой шероховатости водной поверхности. Различия в шероховатости суши и водоемов приводят к тому, что воздушные потоки имеют тенденцию обтекать береговую линию со стороны водоема. Встречая на пути мысы, ветер частично обтекает их, а частично переваливается через них, вследствие чего усиливается. Поэтому на мысах можно наблюдать скорости ветра большие, чем над открытым водоемом. По мере удаления от берега скорости ветра ослабевают, и на расстоянии около 10 км влияние даже крупного водоема уже не сказывается.

Обширные акватории водоемов создают условия для развития сильных ветров. Летом скорость ветра на берегу водоема примерно на 30% больше, чем над открытыми участками суши, это связано с резким изменением шероховатости и уменьшением силы трения.

На рис. 1 представлены графики средних месячных скоростей ветра в районе Ладожско-

го озера. Для составления данных графиков были использованы сведения из «Справочника по климату СССР» (1966). Рассмотрены средние месячные скорости ветра для трех станций, расположенных на острове (Сухо, маяк), побережье (Свирица) и на расстоянии около 100 км от Ладожского озера. Можно сделать вывод, что для всех месяцев года скорость ветра над озером намного превышает скорость ветра на побережье. Особенно это проявляется в холодный период года. Чем дальше мы будем удаляться от побережья озера, тем более сглаженный годовой ход будет у скоростей ветра. В районе метеорологической станции Винницы в течение года скорость ветра изменяется незначительно – от 2,4 до 3,3 м/с, в то время как островная станция отмечает изменения скорости от 5,4 до 8,7 м/с в зависимости от времени года.

Если сравнить данные о средней месячной скорости ветра для побережья Онежского озера в районе г. Петрозаводска по двум пунктам наблюдений – Петрозаводск, Сулажгора и Петрозаводск, озеро, то можно наглядно увидеть, что во все сезоны года скорость ветра на берегу озера превышает скорость ветра в районе Сулажгоры (табл. 1).

Таблица 1. РАЗЛИЧИЯ В ВЕТРОВОМ РЕЖИМЕ ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ СТАНЦИЙ ПЕТРОЗАВОДСК, СУЛАЖГОРА И ПЕТРОЗАВОДСК, ОЗЕРО

Станция	Зима	Весна	Лето	Осень
Петрозаводск, Сулажгора	4,1	3,6	3,4	3,9
Петрозаводск, озеро	4,7	4,4	4,0	5,0
Разность	–0,6	–0,8	–0,6	–1,1

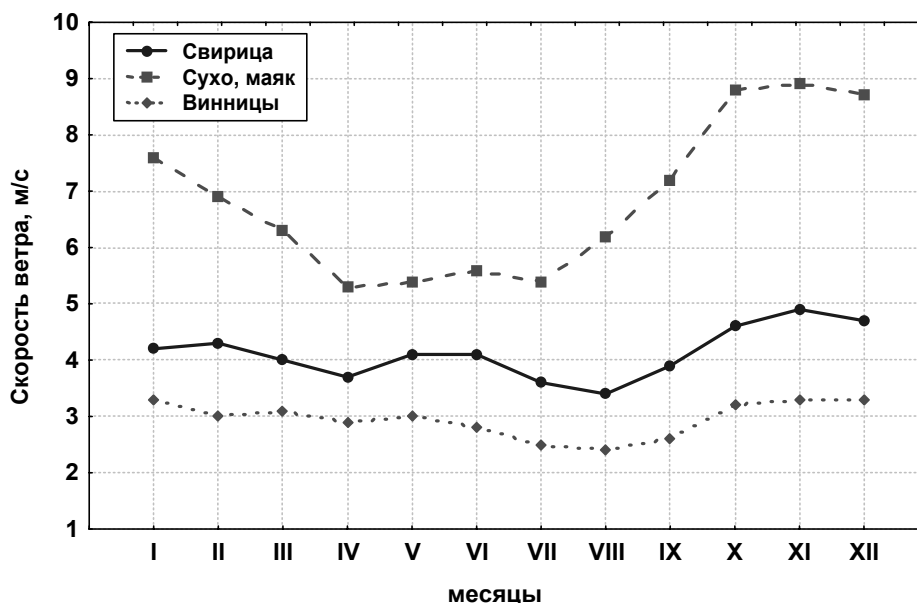


Рис. 1. Средние месячные скорости ветра в районе Ладожского озера

Изменение шероховатости и, как следствие, силы трения – не единственный фактор, вызывающий изменение скорости ветра над водоемом. На скорость ветра также влияют горизонтальные градиенты температуры, создающие горизонтальные градиенты давления. Градиенты давления, в свою очередь, могут приводить к различным по знаку изменениям скорости ветра при переходе воздуха с суши на водоем. Поэтому изменения ветра под влиянием водоема могут быть различными при разных метеорологических условиях даже для одного и того же водоема. При равновесных условиях скорость ветра над водоемом обычно увеличивается. При неравновесных условиях скорость ветра может остаться прежней или уменьшиться. Это происходит в тех случаях, когда горизонтальный градиент температуры и изменение шероховатости действуют в разных направлениях, т. е. неодинаковым образом изменяют скорость ветра. Такие условия в течение года бывают весной, а в течение суток – днем. В эти периоды температурные градиенты направлены с водоема на сушу. В таком случае увеличение скорости ветра над водоемом ослаблено влиянием градиента давления. Если указанные факторы действуют в одном направлении, то изменения скорости ветра могут оказаться весьма значительными. Такие условия наблюдаются в течение года зимой, а в течение суток – ночью.

Водоемы вносят заметные изменения в температурный режим прилегающих к ним территорий. В зависимости от размера они оказывают большее или меньшее влияние на температурный режим прибрежных районов. Влияние это неоднозначно в зависимости от сезона, времени суток и погодных условий. Днем и летом водоемы обычно оказывают охлаждающее влияние, а ночью и осенью – обогревающее. Но все же обогревающий эффект водоема превосходит охлаждающий, поэтому в среднем водоем обогревает окружающую территорию. Температура воздуха под влиянием водоема в среднем может повыситься на 2–3 °С. Терморегулирующее воздействие озера сказывается на годовом ходе температуры воздуха, особенно в переходные периоды (весна и осень). Так, по данным, приведенным Н. Н. Филатовым (1997) для Ладожского озера, температура января на о. Валаам выше температуры воздуха в шхерном районе (метеорологическая станция Сортавала) на 2,7 °С, средняя температура июля в озере ниже, чем на побережье, на 0,9 °С. Продолжительность безморозного периода на островах 180–190 дней, в то время как на побережье Ладожского озера – 110–140 дней.

Над крупнейшими озерами Европы Ладожским и Онежским к середине зимнего сезона (январь) формируются «очаги» тепла. Особенно это выражено над акваторией Ладожского озера. Над центральной частью озера замкнута изотерма –7 °С, в то время как по побережью проходят изотермы –9 ... –10 °С. В самый теплый месяц года – июль – вода озер прогревается, но не настолько, чтобы температура воздуха над центральной частью превысила температуру воздуха над побережьем, изотермы +16 °С замкнуты над этими районами, внутри их температура ниже. Эта разница температур исчезает в августе, а с сентября над озерами начинают формироваться области повышенной температуры.

Увеличение глубины водоема в 6 раз (от 5 до 30 м) весной усиливает охлаждающее влияние водоема тем сильнее, чем ближе урез воды. Осенью обогревающее влияние водоема тем сильнее, чем глубже водоем. Радиус влияния водоема осенью больше, а само влияние более значительно, чем весной. Так, если весной водоем глубиной 5 м на расстоянии 0,1 км охлаждает воздух на 0,4 °С, то осенью обогревающий эффект в 2 раза больше (Адаменко, 1979). С увеличением глубины различия в обогревающем влиянии осенью и охлаждающем весной сглаживаются, но не исчезают.

Исследования Т. В. Кириловой и других показали, что около 90% радиационного баланса расходуется на водоемах на прогревание водных масс и испарение и лишь 10% – на нагревание воздуха над водоемом. Поэтому нагрев воздуха над водоемом небольшой и почти не изменяется в течение суток, в то время как над сушей он заметно меняется. Амплитуда суточного хода температуры на побережьях мала за счет уменьшения температурного максимума. Амплитуда температуры воздуха в ясную погоду на берегу водоема в 2–2,5 раза меньше, чем вне зоны влияния водоема. Зона влияния водоема в зависимости от типа погоды меняется. При антициклональной погоде влияние водоема прослеживается на расстоянии 5–10 км в зависимости от площади, глубины, типов берегов этого водоема, при циклональной погоде зона влияния водоема уменьшается примерно в 2 раза.

Влияние крупного водоема неоднозначно в зависимости от сезона, времени суток и погодных условий. В табл. 2 приведены данные из «Климатологии» (1989) об изменении средних дневной и ночной температур воздуха под влиянием различных водных объектов в летний период в 20-километровой зоне от береговой линии.

Как видно из таблицы, значение и знак изменчивости дневных и ночных температур воздуха



Таблица 2. ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДНЕВНОЙ (ПЕРВАЯ СТРОКА) И СРЕДНЕЙ НОЧНОЙ (ВТОРАЯ СТРОКА) ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ПОД ВЛИЯНИЕМ МОРЯ ИЛИ КРУПНОГО ВОДОЕМА. ИЮЛЬ

Море, водоем	Расстояние от моря (водоема), км							
	0,01	1	2	4	6	8	10	20
Черное море (Крымский п-ов)	-3,4	-0,5	-0,2	0	0			
	4,9	1,6	0,9	0,3	0			
Азовское море	-3,2	-1,5	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	0
	3,0	1,9	1,5	1,0	0,7	0,5	0,3	0
оз. Байкал (зап. побережье)	-7,4	-4,2	-2,9	-1,4	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2
	-6,4	-3,2	-2,4	-1,4	-0,9	-0,6	-0,4	-0,2
Белое море (вост. побережье)	-6,4	-2,3	-1,6	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2
	-6,2	-2,6	-1,9	-0,8	-0,5	-0,2	-0,2	0
Баренцево море	-5,4	-4,0	-3,0	-2,0	-1,4	-0,9	-0,7	-0,2
	-5,2	-4,2	-3,2	-1,8	-1,0	-0,6	-0,4	-0,2

на побережьях водоемов очень различны. Дневные температуры вблизи береговой линии на южных морях, Черном и Азовском, понижены приблизительно на 3 °С по сравнению с границей ареала влияния водоемов (10 км), а ночные температуры повышены на 3–5 °С. На побережьях северных водоемов в летний сезон и дневные, и ночные температуры воздуха понижены.

Наиболее сильно влияние водоема сказывается на расстоянии до 5 км от берега. На расстояниях 5–10 км от берега изменения прослеживаются только при благоприятных условиях, таких как антициклональная погода, ветер направлен со стороны водоема. Изменение температуры на расстоянии 10 км составляет только 10% изменения температуры в прибрежной части. Даже при самых благоприятных условиях влияние водоема не прослеживается далее 40 км (рис. 2).

В целом водоемы сглаживают суточный и сезонный ход температуры. Годовая амплитуда температуры на неглубоких водоемах снижается на 2–2,5 °С, на глубоководных – на 4–5 °С. Макси-

мальные температуры воздуха значительно снижаются (на 1,5–2 °С), а минимальные немного повышаются (на 0,2–0,7 °С). Такие изменения влияют на продолжительность безморозного периода. Он увеличивается на 15–20 сут.

В табл. 3 приведены данные для оз. Байкал, представленные в работе А. Н. Афанасьева (1976). Из данных таблицы следует, что по мере удаления от Байкала температура воздуха в январе резко понижается, а в июле – повышается. В результате этого годовая амплитуда колебаний температуры воздуха снижена на 9–13 °С.

Таблица 3. СРЕДНИЕ МЕСЯЧНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ГОДОВЫЕ АМПЛИТУДЫ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В РАЙОНЕ оз. БАЙКАЛ (ДАННЫЕ А. Н. АФАНАСЬЕВА)

Станция	Местоположение	Январь	Июль	Амплитуда колебаний
Усть-Баргузин	Восточный берег оз. Байкал	-22,6	14,0	36,3
Баргузин	60 км от восточного берега	-26,7	18,3	45,0
Тасса	250 км к востоку	-31,2	18,3	49,5

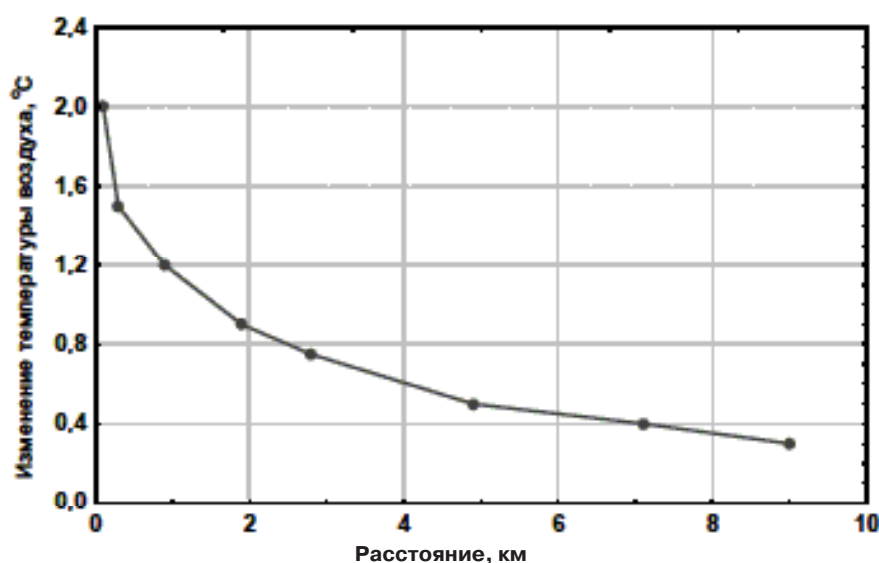


Рис. 2. Понижение температуры воздуха в зависимости от расстояния до берега Азовского моря. Послеполуденное время (по данным В. Н. Адаменко)



В среднем за год водоемы теплее суши. Исключения могут составлять только водоемы, находящиеся в сухих и жарких климатах, где испарение с поверхности суши крайне мало, а с водной поверхности – велико. Однако, как ни велико испарение в аридной зоне, тем не менее при прочих равных условиях водоемы на юге накапливают тепла больше, чем на севере. Это обуславливает отдачу ими большего количества тепла в конце периода нагревания. Этим можно объяснить рост отепляющего влияния водоемов от зоны тундры к зоне степей.

При исследовании изменений температурных характеристик побережья под воздействием водного объекта следует учитывать изменчивость направления ветра внутри выбранного интервала времени. При направлении ветра с водоема на сушу прибрежные территории испытывают большее воздействие. В случае противоположного направления ветра большее воздействие испытывает водоем. Горный рельеф и лесной покров на побережьях оказывают экранирующее воздействие.

Влияние крупного водоема может сказываться и в своеобразии режима облачности, влажности воздуха, атмосферных осадков.

На прилегающих к крупным водоемам территориях на 10% и более увеличена продолжительность солнечного сияния. Это происходит из-за уменьшения количества конвективной облачности (кучевые облака) над рассматриваемой территорией в теплый период года. Как было показано, водная поверхность прогревается медленнее, много тепла расходуется на испарение и, кроме того, вода распространяет тепло по всей толще. Это приводит к тому, что над водной поверхностью образуются нисходящие потоки, которые не позволяют развиваться мощной конвективной облачности. Так, для оз. Байкал на космических снимках для весенне-летнего сезона хорошо видно, что небо над озером безоблачное, а прибрежные пространства вокруг озера покрыты плотной облачностью.

Но в некоторых случаях бывают исключения. Когда холодный северный воздух натекает на крупное водное пространство, он нагревается, и могут образоваться спокойные, широкие, слабые потоки. Это часто наблюдается осенью и зимой возле крупных озер, морей и океанов и называется *водный термический поток*.

С удалением от берега на расстоянии 20–30 км над сушей происходит усиление турбулентности, возникают благоприятные условия для развития конвективной облачности.

Годовой ход продолжительности солнечного сияния (ПСС) в общем противоположен годо-

вым изменениям количества облачности, поскольку при увеличении количества облачности ПСС (продолжительность освещения земной поверхности солнечными лучами) уменьшается и, наоборот, при уменьшении облачности большее количество солнечных лучей может достигать поверхности Земли. В результате этого в районе крупных водоемов продолжительность солнечного сияния больше, а число дней без солнца меньше, чем на другой территории. Так, на территории Карелии наибольшая продолжительность солнечного сияния наблюдается в районе Ладожского озера (метеостанция Сортавала) – 1749 часов за год, в то время как в центральных районах Карелии ПСС составляет 1580–1620 часов, в южных районах республики – 1670–1690 часов (Нефедова и др., 2008).

С указанными особенностями режима облачности вблизи крупных водоемов также напрямую связаны характерные черты режима атмосферных осадков. Над зеркалом крупных озер (водохранилищ) и прибрежной территорией количество выпадающих атмосферных осадков уменьшено, особенно в течение теплого периода года. В сторону уменьшения осадков действует и малая шероховатость поверхности водоемов. Осадки на побережьях наиболее часто выпадают или рано утром, до начала дневного бриза, или поздно вечером после его окончания. По данным, приведенным в «Климате России» (2001), в зоне избыточного и достаточного увлажнения уменьшение количества осадков над большими водоемами (от 6000 до 18 000 км<sup>2</sup>) составляет 15–25% годовой суммы осадков над сушей. Над водоемами площадью 5000 км<sup>2</sup> количество осадков уменьшается на 5–10%.

На рис. 3 построены графики годового хода средних многолетних сумм выпадающих осадков по данным наблюдений на метеорологических станциях Валаам, Сортавала и Вяртсиля. Станция Валаам расположена на острове в Ладожском озере, МС Сортавала – на побережье, МС Вяртсиля – в 50 км на север от Сортавалы.

Как следует из приведенных графиков, суммы осадков, выпадающих над самим озером, в течение всего года не превышают количества осадков над побережьем. В период с июня по октябрь месячные суммы осадков возрастают при увеличении расстояния до озера.

Условия увлажнения территории определяют степень воздействия водного объекта на метеорологический режим его побережий: от незначительного в зоне избыточного и достаточного увлажнения до существенно большего в условиях зоны недостаточного увлажнения.

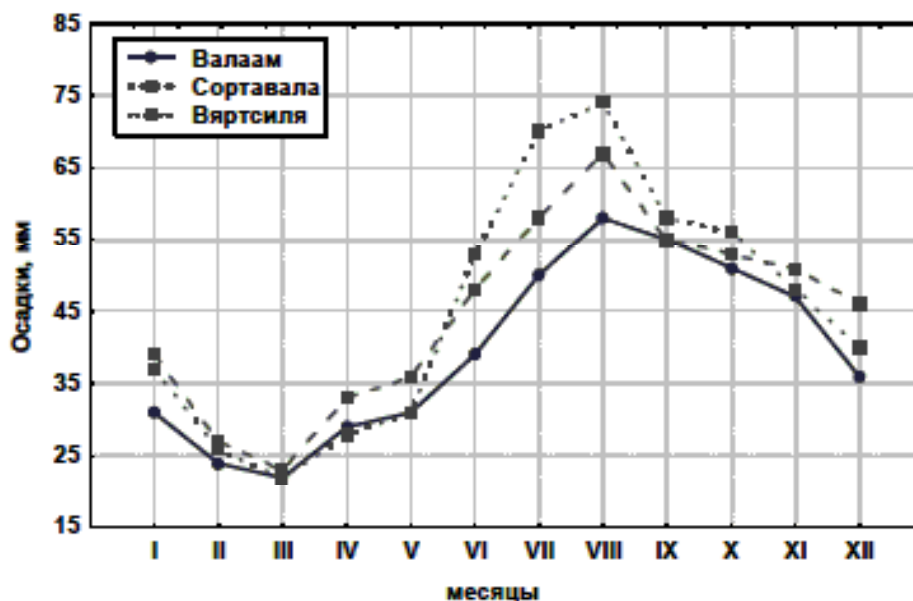


Рис. 3. Годовой ход среднего количества атмосферных осадков в районе Ладожского озера

Один из показателей климата, который в значительной мере испытывает влияние озера, – относительная влажность (процентное отношение фактической упругости водяного пара в атмосфере к упругости насыщающего водяного пара при той же температуре, характеризует степень насыщения воздуха водяным паром). Относительная влажность воздуха на прибрежных территориях увеличивается с наступлением морского бриза. Разница по сравнению с удаленными территориями может достигать 5–10%. Для Ладоги насыщенность воздуха водяными парами над озером и побережьем в среднем за год составляет 80–84%. Наиболее равномерно распределение влажности в зимний период. Весной и летом относительная влажность на побережье может падать до 60%, тогда как над озером, особенно в его южной части и на островах, она не опускается ниже 79%. Суточный ход относительной влажности обратный ходу температуры воздуха.

В табл. 4 приведены значения средней месячной относительной влажности воздуха по данным наблюдений на метеорологических станциях Василисин и Петрозаводск. Станция Петрозаводск расположена на побережье озера, МС Василисин – на острове в Онежском озере. Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод о том, что в течение всего года

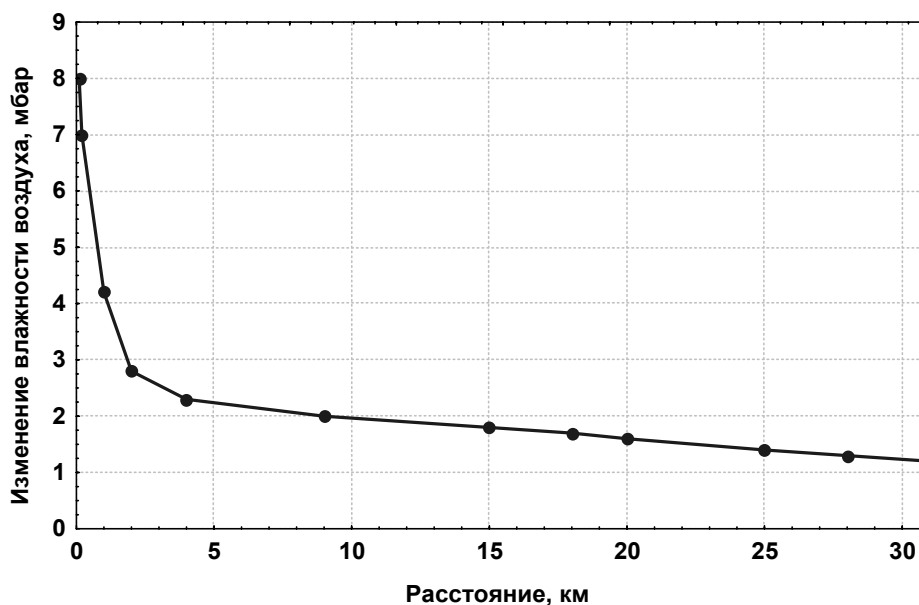
относительная влажность воздуха над Онежским озером превышает влажность на прибрежных территориях. Особенно разница проявляется в весенне-летний период, когда различия могут достигать 8–14%.

Увеличение влажности воздуха, находящегося над водоемом, прослеживается до высоты 300–400 м. Относительная влажность воздуха в нижнем стометровом слое увеличивается на 5–10% по сравнению с воздухом, находящимся над побережьем, на высоте 300–400 м – не больше чем на 2–3% (Адаменко, 1979). Приращение абсолютной влажности под влиянием его трансформации над водоемом достигает 7–8 мбар при относительной влажности натекающего на водоем воздуха 15–25% и около 1 мбар – при 90–95%.

График, составленный по данным В. Н. Адаменко для Азовского моря, наглядно показывает, что влияние крупного водоема на режим влажности воздуха прослеживается на расстоянии более 30 км (рис. 4). Так, на расстоянии 30 км изменение абсолютной влажности составляет примерно 10% от изменения в прибрежной зоне. (Абсолютная влажность воздуха – синоним «упругость водяного пара» – характеризует парциальное давление водяного пара в воздухе, измеряется в миллибарах или мм. рт. ст. Парциальное давление – та часть общего давления газовой

Таблица 4. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ И ГОДОВАЯ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА ПО ДАННЫМ МС ПЕТРОЗАВОДСК И ВАСИЛИСИН

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Петрозаводск	86	84	76	70	65	68	73	78	83	85	88	88
Василисин	88	86	83	82	79	82	81	82	82	83	86	88



Р и с . 4 . Изменение абсолютной влажности воздуха в зависимости от расстояния до берега Азовского моря. Послеполуденное время

смеси, которая обусловлена данным паром или газом.) Если сравнить эти данные с данными для температуры воздуха, представленными на рис. 1, то можно сделать вывод, что радиус увлажняющего влияния водоема значительно превышает радиус термического влияния.

Водоемы не являются источником коренного преобразования климатических условий, но в то же время вносят заметные изменения в местный климатический режим. Влияние крупных водоемов проявляется в основном в том, что они отепляют (или охлаждают) и увлажняют побережья, ослабляют континентальность климата в радиусе влияния водоема, из-за уменьшения шероховатости подстилающей поверхности возрастает скорость ветра по сравнению с побережьями. Влияние водоемов на окружающую территорию заключается в:

- отставании сроков начала сезонов года;
- увеличении продолжительности безморозного периода на островах и прибрежных территориях;

- изменении температуры воздуха (отепляющий эффект осенью и зимой и охлаждающий – весной и в начале лета);

- увеличении влажности воздуха;
- возрастании скорости ветра над акваторией до 30% и более;

- уменьшении числа дней со штилем;
- уменьшении количества облачности;
- увеличении продолжительности солнечного сияния;

- уменьшении количества выпадающих атмосферных осадков над зеркалом крупных озер (водохранилищ) и прибрежной территорией.

Кроме того, следует отметить, что озерный эффект изменяется в зависимости от морфологических особенностей водоемов (размеров, глубины, конфигурации, характера берегов), а также от физико-географических условий их расположения (широты, долготы, высоты над уровнем моря, рельефа, растительности и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

**Адаменко В. Н.** Мелиоративная микроклиматология. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 184 с.

**Адаменко В. Н.** Климат и озера. Л., 1985. 263 с.

**Афанасьев А. Н.** Водные ресурсы и водный баланс бассейна озера Байкал. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1976. 238 с.

**Климатология** / Под ред. О. А. Дроздова, В. А. Васильева и др. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 567 с.

**Климат Петрозаводска** / Под. ред. Ц. А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 212 с.

**Климат России** / Под ред. Н. В. Кобышевой, Е. М. Аментьева и др. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 655 с.

**Литвиненко А. В.** Гидрографическая сеть Карелии и ее особенности // Экологические исследования природных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 8–13.

**Нефедова Н. В., Назарова Л. Е.** Климатическая характеристика продолжительности солнечного сияния в Карелии // Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана. Материалы III Регион. школы-конф.

молодых ученых. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. С. 18–24.

**Справочник** по климату СССР. Вып. 3. Ветер. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 267 с.

**Справочник** по климату СССР. Вып. 3. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 327 с.

**Филатов Н. Н.** Изменения климата Восточной Финляндии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1997. 147 с.

**Хромов С. П., Мамонтова Л. И.** Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 568 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *CERIODAPHNIA AFFINIS* LILLJEBORG ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н. М. Калинкина

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

### ВВЕДЕНИЕ

Важной проблемой в природоохранных исследованиях является поиск чувствительных тест-объектов, использование которых позволит заблаговременно оценить опасность сточных вод и принять необходимые меры для предотвращения загрязнения природной среды. Важно, чтобы эти организмы были представителями местной флоры или фауны, поскольку экстраполяция экспериментальных данных на полевые условия была бы в этом случае наиболее точной. В литературе содержатся примеры, когда стандартный тест-объект в силу своей недостаточной чувствительности не позволил обнаружить опасность загрязняющих веществ для природных экосистем. Так, оценка опасности техногенных вод Костомукшского горно-обогатительного комбината, расположенного на севере Карелии, была выполнена в опытах на ветвистоусых рачках *Daphnia magna* Straus. Этот вид – общепринятый тест-объект в токсикологических исследованиях (Лесников, 1971; Строганов, 1971; Брагинский, 2000). На протяжении 30 сут опыта дафнии выживали в неразбавленных техногенных водах (Дубровина и др., 1995; Калинкина, 2003). В то же время рачки из карельских водоемов (например, *Eudiaptomus gracilis* Sars) погибали в техногенных водах в течение нескольких часов (Калинкина и др., 2003).

Новым, более чувствительным тест-объектом, который предлагается использовать при оценке потенциальной опасности сточных вод для водоемов Карелии, может стать вид *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (цериодафния). Впервые тест с использованием цериодафнии был разработан в 1984 г. в США. По сравнению с тест-объектом *Daphnia magna* новый тест позволяет за более короткий срок (7 сут вместо 24) дать оценку хронической токсичности тес-

тируемого образца воды. Под руководством Б. А. Флерова в Институте биологии внутренних вод РАН им. В. Д. Папанова тест с использованием цериодафний была адаптирован для целей экологического контроля в России (Флеров и др., 1988; Флеров, Жмур, 1991; Жмур, 2001). Тест с использованием вида *Ceriodaphnia affinis* проявил себя как экспрессный и информативный метод оценки токсичности сточных вод и их компонентов (Чалова, 2007; Чалова, Крылов, 2007).

В 2009 г. культура *Ceriodaphnia affinis* была любезно предоставлена старшим научным сотрудником ИБВВ Ириной Васильевной Чаловой для использования в научных исследованиях в Институте водных проблем Севера КарНЦ РАН.

Цель настоящей работы – оценить опасность техногенной воды Костомукшского ГОКа для нового тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* и сравнить его устойчивость с устойчивостью ранее используемого вида *Daphnia magna*.

Задачи, которые решали в ходе исследования: разработать методы культивирования вида *Ceriodaphnia affinis* в новых условиях; оценить опасность техногенных вод Костомукшского ГОКа для видов *Ceriodaphnia affinis* и *Daphnia magna*; сравнить устойчивость двух видов к действию минеральных веществ.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полученный образец культуры *Ceriodaphnia affinis* адаптировали к новой среде в течение 7 месяцев. В качестве контрольной среды использовали грунтовую воду, отобранную из источника на территории г. Петрозаводска, на левом берегу р. Неглинки, по ул. Вольной. Ее химический состав удовлетворяет требованиям, предъявляемым к контрольным средам в «Методике определения токсичности воды...»



(Жмур, 2001). Ионный состав контрольной воды (мг/л):  $\text{Na}^+$  – 7–19;  $\text{K}^+$  – 2–4;  $\text{Ca}^{2+}$  – 12–24;  $\text{Mg}^{2+}$  – 4–11;  $\text{HCO}_3^-$  – 31–58;  $\text{Cl}^-$  – 8–21;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 15–40;  $\text{NO}_3^-$  – 4–28; pH – 6,2–6,7 (Водные ресурсы..., 2006). Рачков кормили одноклеточными зелеными водорослями *Scenedesmus quadricauda*. В качестве подкормки для рачков можно использовать дрожжевую суспензию. Для ее подготовки 1 мг сырых дрожжей разводят в 100 мл воды и выдерживают при комнатной температуре сутки. Кормить суспензией можно из расчета: 1–2 капли на 100 мл среды 1–2 раза в неделю. В дальнейшем суспензию дрожжей необходимо обновлять. Другой вид корма – водный настой почвы (Anderson, 1980). 30 г почвы (с органическими включениями, можно компост) поместить в 1 л контрольной воды, размешать и выдержать при комнатной температуре 1–2 дня. Настой профильтровать через хлопчатобумажную ткань. Подкармливать культуру из расчета: 1–2 капли настоя на 100 мл среды каждый день.

Исследовали действие на рачков *Ceriodaphnia affinis* техногенной воды, отобранной из хвостохранилища Костомукшского горно-обогатительного комбината. В опытах использовали неразбавленную техногенную воду, а также ее 2-кратное, 5-кратное и 10-кратное разведения. В качестве контроля применяли воду из источника на ул. Вольной. Все опыты ставили в 15 повторностях, в каждый сосуд наливали по 15 мл исследуемой среды, в которую помещали по 1 экз. цериодафний. Продолжительность опыта – 7 сут. Температура воды – 18–20 °С. Учитывали выживаемость и плодовитость рачков.

Одновременно изучали действие воды Костомукшского хвостохранилища на стандартный тест-объект – рачков *Daphnia magna*. В хроническом опыте продолжительностью 10 сут исследовали влияние неразбавленной воды хвостохранилища на выживаемость и плодовитость дафний. Опыты вели в трех повторностях, в каждый сосуд наливали по 100 мл воды и помещали по 5 экз. дафний.

В отдельной серии экспериментов изучали действие кальция, натрия и калия (основных компонентов воды хвостохранилища) на *Ceriodaphnia affinis* и *Daphnia magna*. Все растворы готовили в пересчете на катионы. В 10-суточных опытах исследовали выживаемость и плодовитость рачков в растворах калия (концентрации 10–600 мг/л), натрия (концентрации 40–1000 мг/л) и кальция (концентрации 10–800 мг/л). Методом пробит-анализа (Прозоровский, 1962; Коросов, Калинкина, 2003) определяли среднесмертельные концентрации ионов калия, натрия и кальция для двух ви-

дов рачков. Температура воды во всех опытах варьировала в пределах 18–21 °С.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вода хвостохранилища оказалась нетоксичной для *Daphnia magna*. В неразбавленной воде рачки полностью выживали в экспериментах продолжительностью 10 сут. Однако плодовитость дафний была достоверно ( $p < 0,05$ ) снижена по сравнению с контрольными показателями. Так, в контроле плодовитость рачков составляла 5,7 экз./самку, в то время как в воде хвостохранилища – 3,7 экз./самку (табл. 1).

Таблица 1. ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ПЛОДОВИТОСТЬ *DAPHNIA MAGNA* В КОНТРОЛЬНОЙ СРЕДЕ И ВОДЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Вариант	Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку		
		M	m	t
Контроль	100	5,72	0,61	–
Вода хвостохранилища	100	3,73	0,13	3,20*

Примечание. Здесь и в табл. 2–5: \* – отличие от контроля достоверно ( $p < 0,05$ ).

Рачки *Ceriodaphnia affinis* оказались гораздо чувствительнее к действию техногенной воды. Их выживаемость в неразбавленной воде составила всего 40%, в двукратном разбавлении – 60, в пятикратном – 67, в десятикратном – 87%. Плодовитость цериодафний была достоверно снижена в неразбавленной воде хвостохранилища и двукратном ее разведении. При увеличении кратности разбавления (5- и 10-кратное) показатели плодовитости рачков достоверно не отличались от контроля (табл. 2). Таким образом, два вида ракообразных проявили различную реакцию на один и тот же вид загрязнения. Для вида *C. affinis* вода хвостохранилища оказалась значительно более токсичной, чем для вида *D. magna*. Это позволяет в дальнейшем использовать более чувствительный вид *C. affinis* для контроля за опасностью техногенной воды хвостохранилища Костомукшского ГОКа.

Таблица 2. ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ПЛОДОВИТОСТЬ *CERIODAPHNIA AFFINIS* В КОНТРОЛЬНОЙ СРЕДЕ, В ВОДЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И РАЗЛИЧНЫХ ЕЕ РАЗВЕДЕНИЯХ

Вариант	Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку		
		M	m	t
Контроль	100	18,07	1,05	–
10-кратное	87	19,62	1,31	–0,92
5-кратное	67	14,33	1,92	1,42
2-кратное	60	10,10	1,77	3,88*
Неразбавленная вода хвостохранилища	40	3,17	0,70	11,80*



Для этой воды хвостохранилища характерно высокое содержание калия (до 150 мг/л), а также повышенные концентрации ионов натрия, кальция и магния (Поверхностные воды..., 2001). В литературе (Дубровина и др., 1995; Калинкина, Дубровина, 1995; Регеранд, Федорова, 2000) содержатся указания, что токсичное действие воды хвостохранилища на гидробионтов связано именно с высокими концентрациями ионов калия.

Нами было сделано предположение, что большая чувствительность вида *C. affinis* к воде хвостохранилища связана с его большей уязвимостью к основным компонентам техногенной воды. Для проверки этого предположения были проведены эксперименты по изучению сравнительной устойчивости двух видов рачков к действию солей калия, натрия и кальция.

Исследования показали, что при концентрации 600 мг/л ионы калия оказали остро токсичное действие на рачков двух видов. Рачки *D. magna* погибали в растворах на 6-е сутки, *C. affinis* – на 4-е сутки опыта (табл. 3). В растворах с концентрацией 200 мг/л выживали, соответственно, 73% *D. magna* и 42% *C. affinis*. В растворах с концентрацией 150 мг/л выживаемость рачков возрастала: к концу опыта выжило 86% *D. magna* и 71% *C. affinis*. В общем, процент выживания дафний был выше, чем количество выживших цериодафний, что указывает на большую чувствительность к калию именно вида *C. affinis*. Однако различие двух показателей по величине критерия F (соответственно, 1,9 и 0,7) было недостоверным ( $p < 0,05$ ).

Наибольшее различие в реакции двух видов на действие ионов калия проявилось при анализе данных по их плодовитости (см. табл. 3). Так, у вида *C. affinis* функция размножения была полностью подавлена при концентрациях калия 150–200 мг/л, в то время как у самок *D. magna* в этих растворах отмечали появление молоди, хотя суммарная плодовитость рачков была достоверно ниже контрольных показателей. Минимальная из исследованных концентраций ионов калия (10 мг/л) вызывала резкое снижение плодовитости рачков *C. affinis* (до 3 экз./самку против 24 экз./самку в контроле). В то же время растворы с концентрацией калия 10 мг/л не влияли на плодовитость рачков *D. magna*.

Ионы натрия оказали влияние на выживаемость рачков при концентрации 1000 мг/л. Выживаемость дафний в этих растворах к концу эксперимента составила 87%, цериодафний – лишь 29%. Различие между этими величинами по критерию F (7,7) достоверно. В растворах с концентрацией натрия 800 мг/л выживаемость обоих видов существенно выше – 93% *D. magna* и 100% *C. affinis*. В диапазоне концентраций 40–600 мг/л натрий не оказывал влияние на выживаемость рачков (табл. 4). Как видно из данных опытов, вид *C. affinis* вновь проявил большую чувствительность, чем *D. magna*. При концентрации натрия 1000 мг/л погибает достоверно больше цериодафний, чем дафний. Эта же тенденция сохраняется и при сравнении плодовитости двух видов рачков. Так, в диапазоне концентраций натрия 400–600 мг/л плодовитость дафний достоверно снижена относительно контроля и составляет 35–56%. Плодовитость же

Таблица 3. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАЛИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДВУХ ВИДОВ РАКООБРАЗНЫХ

Вариант	<i>Daphnia magna</i>				<i>Ceriodaphnia affinis</i>			
	Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку			Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку		
		М	м	t		М	м	t
Контроль	100	5,72	0,61	–	100	24,0	1,29	–
10 мг/л	100	4,60	0,61	1,3	100	3,00	0,95	13,1*
100 мг/л	100	4,07	0,33	2,4*	100	0,86	0,34	17,3*
150 мг/л	86	1,00	0,46	6,2*	71	0	–	–
200 мг/л	73	0,33	–	–	42	0	–	–
600 мг/л	0	0	–	–	0	0	–	–

Таблица 4. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ НАТРИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДВУХ ВИДОВ РАКООБРАЗНЫХ

Вариант	<i>Daphnia magna</i>				<i>Ceriodaphnia affinis</i>			
	Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку			Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку		
		М	м	t		М	м	t
Контроль	100	5,72	0,61	–	100	24,00	1,29	–
40 мг/л	100	4,53	0,29	1,77	100	10,14	1,50	6,99*
400 мг/л	100	3,20	0,31	3,71*	100	7,86	1,18	9,22*
600 мг/л	100	2,02	0,12	6,01*	100	1,71	0,92	14,07*
800 мг/л	93	0	–	–	100	0	–	–
1000 мг/л	87	0	–	–	29	0	–	–

Таблица 5. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДВУХ ВИДОВ РАКООБРАЗНЫХ

Вариант	<i>Daphnia magna</i>				<i>Ceriodaphnia affinis</i>			
	Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку			Выживаемость, %	Плодовитость, экз./самку		
		М	m	t		М	m	t
Контроль	100	5,72	0,61	–	100	24,00	1,29	–
10 мг/л	100	4,93	0,37	1,11	100	6,00	0,85	11,67*
100 мг/л	100	3,73	0,29	2,96*	100	4,14	0,77	13,21*
150 мг/л	100	0,20	–	–	100	0,43	0,30	17,79*
200 мг/л	100	0	–	–	71	0	–	–
400 мг/л	93	0	–	–	57	0	–	–
800 мг/л	80	0	–	–	29	0	–	–

цериодафний также достоверно отличается, однако отклонение от контроля более существенно – 7–33%. Растворы с концентрацией натрия 40 мг/л не влияют на плодовитость дафний, однако количество молоди цериодафний в этих растворах достоверно снижено по сравнению с контрольным показателем и составляет всего 42%.

Ионы кальция снижали выживаемость вида *D. magna* в диапазоне концентраций 400–800 мг/л, вида *C. affinis* – в диапазоне 200–800 мг/л (табл. 5). В растворах с концентрациями 200 мг/л и 800 мг/л цериодафний выжило достоверно меньше, чем дафний. Величины критерия F составили, соответственно, 6,2 и 8,4. В диапазоне концентраций кальция 10–200 мг/л отмечали стопроцентное выживание дафний. Цериодафнии полностью выживали в диапазоне концентраций кальция 10–150 мг/л. При анализе данных по выживаемости вновь отчетливо прослеживается большая устойчивость вида *D. magna* к действию минеральных веществ, чем вида *C. affinis*. Эти выводы полностью подтверждаются результатами исследования влияния кальция на плодовитость рачков. Так, растворы кальция с концентрацией 100–150 мг/л достоверно снижали плодовитость дафний, а в растворах с концентрацией 10 мг/л влияния кальция на плодовитость не проявилось (см. табл. 5). В то же время плодовитость цериодафний оказалась достоверно сниженной даже при минимальной из исследованных концентраций кальция – 10 мг/л.

В литературе содержатся указания, что из трех катионов (калий, натрий и кальций) для водных организмов наиболее токсичным является калий (Дубровина и др., 1995; Калинин и др., 2005; Калинин, Куликова, 2009). Представляло интерес сравнить токсичность этих катионов для дафний и цериодафний. Для этой цели рассчитывали среднесмертельные концентрации (CL50) ионов для двух видов рачков по методу пробит-анализа. Использовали данные по смертности рачков в разных растворах трех катионов на 9 сутки опыта. Значения концентраций

логарифмировали, а значения смертности рачков переводили в пробиты. Расчеты величины CL50 представлены в табл. 6. Ионы калия характеризуются наибольшей токсичностью. Величины CL50 калия для двух видов рачков оказались наименьшими и составили 215–248 мг/л. Далее следуют ионы кальция, величины CL50 которых составили 443–836 мг/л. Эти значения достоверно больше, чем среднесмертельные концентрации ионов калия. Наименьшей токсичностью характеризуются ионы натрия. Величины CL50 натрия составляют для двух видов 980–1084 мг/л. Это наибольшие значения среднесмертельных концентраций среди трех исследованных катионов. Таким образом, исследованные катионы можно расположить в ряд снижения токсичности: K > Ca > Na.

Таблица 6. ЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕСМЕРТЕЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАЛИЯ, НАТРИЯ И КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ДВУХ ВИДОВ РАЧКОВ

Катион	<i>Daphnia magna</i>		<i>Ceriodaphnia affinis</i>	
	CL50	m	CL50	m
Калий	247,7	21,2	214,8	29,9
Кальций	835,6	71,1	442,6	73,8
Натрий	1083,9	36,0	979,5	45,3

Полученные факты хорошо согласуются с литературными данными о наибольшей токсичности именно ионов калия для различных видов водных организмов (Чекунова, 1960; Лозовик, Дубровина, 1998). Из двух видов меньшей резистентностью к действию трех катионов характеризуется *C. affinis*. Эти факты объясняют и малую устойчивость вида *C. affinis* по сравнению с *D. magna* к действию воды хвостохранилища, основными компонентами которой являются калий, натрий и кальций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, вид *Ceriodaphnia affinis* проявил низкую резистентность к действию воды хвостохранилища, а также солей калия, натрия и кальция. По результатам подострых опытов на цериодафниях вода хвостохранилища может

быть охарактеризована как сильно токсичная. Для двух изученных видов (*Ceriodaphnia affinis* и *Daphnia magna*) наибольшей токсичностью обладают ионы калия, затем ионы кальция, натрия

## ЛИТЕРАТУРА

**Брагинский Л. П.** Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* Straus и других ветвистоусых ракообразных (критический обзор) // Гидробиологический журнал. 2000. Т. 36, № 5. С. 50–70.

**Водные ресурсы** Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения / Ред. Н. Филатов, А. Литвиненко, А. Сяркиоя, Р. Порттикиви, Т. Регеранд. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 263 с.

**Дубровина Л. В., Калинкина Н. М., Лозовик П. А.** Факторы токсичности для гидробионтов техногенных вод Костомукшского ГОКа // Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. С. 15–25.

**Жмур Н. С.** Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М.: АКВАРОС, 2001. 52 с.

**Калинкина Н. М.** Экологические факторы формирования толерантности планктонных ракообразных к минеральному загрязнению (на примере водоемов северной Карелии): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 48 с.

**Калинкина Н. М., Дубровина Л. В.** Сравнительная устойчивость планктонных ракообразных к действию неорганических компонентов и техногенных вод горнообогатительного комбината // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Междунар. конф. Тез. докл. Петрозаводск, 1995. С. 134–135.

**Калинкина Н. М., Куликова Т. П.** Эволюционная обусловленность реакции гидробионтов на изменение ионного состава воды (на примере пресноводного зоопланктона) // Известия РАН, сер. Биологическая. 2009. № 2. С. 243–248.

**Калинкина Н. М., Куликова Т. П., Морозов А. К., Власова Л. И.** Причины техногенного изменения сообщества пресноводного зоопланктона // Известия АН, сер. Биологическая. 2003. № 6. С. 747–753.

**Калинкина Н. М., Коросов А. В., Морозов А. К.** Оценка критических уровней минерального загрязнения речной системы с использованием имитационного моделирования // Экология. 2005. № 6. С. 477–480.

**Коросов А. В., Калинкина Н. М.** Количественные методы экологической токсикологии: Методическое пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 53 с.

**Лесников Л. А.** Методика оценки влияния воды из природных водоемов на *Daphnia magna* Straus

для них наименее токсичен. Вид *Ceriodaphnia affinis* рекомендуется в качестве нового тест-объекта для контроля за токсичностью воды хвостохранилища Костомукшского ГОКа.

// Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 157–166.

**Лозовик П. А., Дубровина Л. В.** Влияние соотношения катионов и минерализации воды на токсичность ионов калия // Экологическая химия. 1998. № 4. С. 243–249.

**Поверхностные воды** Калевальского района и территории Костомукши в условиях антропогенного воздействия / Отв. ред. П. А. Лозовик, С.-Л. Маркканен, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 168 с.

**Прозоровский В. Б.** Использование метода наименьших квадратов для пробит-анализа кривых летальности // Фармакология и токсикология. 1962. № 1. С. 115–119.

**Регеранд Т. И., Федорова Н. В.** Дисбаланс природного соотношения катионов в воде как фактор воздействия на синтез липидов и жирных кислот яйцеклеток рыб // Онтогенез. 2000. Т. 31, № 1. С. 21–26.

**Строганов Н. С.** Методика определения токсичности водной среды // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 14–60.

**Флеров Б. А., Жмур Н. С.** Биотестирование с использованием цериодафний // Методическое руководство по биотестированию воды. РД-118-02-90. М., 1991. С. 19–28.

**Флеров Б. А., Жмур Н. С., Очинова М. Н., Чалова И. В.** Метод биотестирования природных и сточных вод с использованием рачка *Ceriodaphnia affinis* // Методы биотестирования вод. Черноголовка, 1988. С. 111–114.

**Чалова И. В.** Использование биотеста на *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg в экотоксикологических исследованиях // Физиология и токсикология пресноводных животных. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2007. С. 252–268.

**Чалова И. В., Крылов А. В.** Оценка качества природных и сточных вод методами биотестирования с использованием ветвистоусых ракообразных (Cladocera, Crustacea): Научно-методическое издание. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2007. 73 с.

**Чекунова В. И.** Влияние различных концентраций калия и кальция на *Pontogammarus robustoides* в связи с его акклиматизацией // Акклиматизация рыб и кормовых организмов в морях СССР. Вып. 1. М.: Пищепромиздат, 1960. С. 235–242.

**Anderson B. G.** Aquatic invertebrates in tolerance investigations from Aristotle to Naumann // Aquatic Invertebrates Bioassays. ASTM STP 715. A.L. Buikema, Jr., and John Cairns, Jr. Eds. American Society for Testing and Materials, 1980. P. 3–35.

---

**Материалы международного семинара  
«Подготовка преподавателей вузов  
северо-запада России  
по теме „Устойчивое развитие“  
в рамках сотрудничества  
с программой „Балтийский Университет“»**

---







## ИЗМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА

Л. Е. Назарова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

В настоящее время актуальной является проблема изменения и изменчивости климата в свете наблюдающегося глобального потепления, особый интерес вызывают тенденции изменения климатических условий на региональном уровне.

Изменения и изменчивость климата целесообразно разделять по длительности действия тех или иных возмущений и обратимости процесса. За изменчивость климата принимают относительно кратковременное обратимое изменение периодов, меньших, чем используются для определения климата (несколько десятилетий). Колебания с интервалами меньше 30 лет целесообразно отнести к изменчивости климата, более длительные – к колебаниям климата, если они обратимы, или к изменениям климата, если они носят необратимый характер. Понятие *изменчивость климата* (climate variability) характеризует вариации среднего состояния и других статистических характеристик (дисперсия, повторяемость экстремальных событий и др.) климата при всех временных и пространственных масштабах, выходящие за пределы отдельных событий погоды (Кондратьев, 2004). Изменчивость включает различные цикличности, шумовые компоненты и другие составляющие. Она может быть как природно обусловленной (в результате внутренних процессов и внешних воздействий), так и антропогенной. По определению Всемирной метеорологической организации, изменения климата (climate change) представляют собой разность его характеристик, полученную при осреднении за достаточно длительный промежуток времени – за так называемый интервал квазистационарности. Обычно для такого осреднения выбирается временной промежуток порядка 30 лет. Это изменение может считаться реальным, если оно превосходит вероятную ошибку вычисления соответствующих климатических переменных, или статистически значимым в рамках принятой стохастической модели климата, если изменение превосходит заданный уровень значимости (Груза, Ранькова, 2004). Изменения климата могут иметь природное происхождение (связанное как с внутренними процессами, так и с внешними воздействиями) и (или) быть обусловленными антропогенными факторами (изменение состава атмосферы или землепользование) (Кондратьев, 2004). Это опреде-

ление отличается от предложенного в рамочной конвенции по проблеме изменений климата (РКИК), где под изменениями климата понимаются только антропогенно обусловленные изменения, в отличие от изменчивости климата за счет природных факторов. При этом климат понимается как статистический ансамбль состояний, который проходит система океан – суша – атмосфера – криосфера – биосфера за период времени в несколько десятилетий (Монин, 1972).

Для решения вопроса о климатических условиях будущего большое значение имеет выяснение причин изменения климата. Уже свыше 100 лет ученые упорно ищут причины, которые в какой-либо мере могли влиять на формирование и трансформацию климата Земли. Диапазон догадок, версий, гипотез огромен. Согласно этим теориям климат может изменяться под влиянием космических, астрономических и геологических факторов.

Гипотезы, основанные на действии космических факторов, говорят о том, что изменения климата имеют многофакторную природу с доминирующим влиянием процессов, происходящих на самом Солнце. Прежде всего старались установить связь между комбинированным индексом солнечных пятен, известным как числа Вольфа, и изменением температуры воздуха на Земле. Известный климатолог Кеппен указывал на наличие обратной связи между этими параметрами. У Кеппена было много последователей, но, по мнению его оппонентов, например Федорова, можно говорить о более или менее согласованном ходе солнечной активности и температуры воздуха. В наше время считают, что связь между 11- (22-) летними циклами солнечной активности и температурой воздуха существует, но влияние этих связей на климат очень сложно и неоднозначно.

Согласно гипотезам, имеющим в основе астрономические факторы, колебания климата могут совершаться под влиянием изменения некоторых параметров земной орбиты, а именно: периодических изменений эксцентриситета земной орбиты, угла наклона плоскости земного экватора к плоскости орбиты или угла наклона земной оси и прецессии орбиты. Этот вопрос изучается уже более полутора веков, идея влияния параметров земной орбиты и наклона оси на приходящую солнечную радиацию была

высказана еще в 1842 г. французским математиком Адамаром, но систематические исследования проводились лишь с начала XX столетия югославским геофизиком М. Миланковичем. Миланкович заложил основы теории астрономического климата, т. е. климата, формирующегося на планете под влиянием внешних факторов.

Не отрицая влияния астрономических причин, основоположник отечественной климатологии А. И. Воейков считал, что основными факторами, вызывающими изменения климата в отдельные геологические эпохи и периоды, были изменения в характере подстилающей поверхности – изменения в распределении суши и моря, высоты суши над уровнем моря, изменения в очертании береговой линии, рельефа, растительного покрова. Все перечисленное относится к следующей группе климатообразующих факторов – геофизических, связанных со свойствами Земли как планеты. Кроме уже названных сюда же относят такие факторы, как размеры и масса планеты, ее строение, процессы, происходящие в недрах Земли, скорость вращения вокруг оси, гравитационное и магнитное поле, состав атмосферы (концентрация аэрозолей и газовых составляющих естественного и антропогенного происхождения).

В работах, посвященных выяснению причин изменения климата, большое внимание уделяется изучению влияния на климат концентрации углекислого газа в атмосфере Земли.

Атмосфера является центральным звеном глобальной климатической системы. Это всепроникающая и самая мощная оболочка Земли. Атмосфера присутствует в любой точке поверхности нашей планеты, в то время как все остальные элементы проявляются лишь на части этой поверхности. Так, океан занимает 70,8% поверхности Земли; суша – 29,2%; ледники находятся на немногим более 3% поверхности, а вместе с морскими льдами и снежным покровом – примерно на 11% поверхности; площадь, занятая биосферой, велика, но она разорвана на ареалы и точных данных о ней нет (Мякишева, 2001). Масса и состав атмосферы Земли относятся к внутренним по отношению к климатической системе климатообразующим факторам.

Важнейшую роль в формировании климата играют изменчивые составные части атмосферы – водяной пар, углекислый газ и другие малые газовые составляющие, твердые и жидкие примеси (аэрозоль), поскольку они оказывают сильное влияние на потоки солнечной и особенно земной радиации. Атмосферный воздух более или менее прозрачен для коротковолновой радиации, в связи с чем большая часть приходя-

щего к Земле излучения Солнца поглощается земной поверхностью, которая является основным источником тепла для атмосферы. От земной поверхности тепловая энергия передается в атмосферу путем длинноволнового излучения, посредством турбулентного теплообмена и в результате затраты тепла на испарение с поверхности суши и водоемов (это тепло затем поступает в атмосферу при конденсации водяного пара, образованного в ходе испарения).

В истории Земли были периоды, когда содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере было существенно больше, чем в настоящее время. Так, по некоторым данным, около 250 млн лет назад концентрация углекислого газа составляла 7,5%, в фанерозое (570 млн лет назад) – не более 0,3%. Предполагают, что около 1 млн лет назад в отдельный период концентрация  $\text{CO}_2$  была почти в 2 раза выше современной (Борисенков, 1982). По данным, собранным на станциях Мауна-Лоа (Гавайские острова) и Изана (Испания), подтверждается возрастание концентрации углекислого газа в атмосфере с 343 в 1984 г. до 358 ед. в 1995 г. (Филатов, 1997). Выбросы  $\text{CO}_2$  в настоящее время превосходят 5 млрд т в год в пересчете на углерод и свыше 18 млрд т в пересчете на  $\text{CO}_2$  (Кондратьев, 1992).

С концентрацией  $\text{CO}_2$  в атмосфере связано развитие так называемого «парникового эффекта». Парниковый эффект не был сотворен человеком. Он существует на Земле много миллионов лет с момента появления атмосферы. Если бы естественный парниковый эффект не задерживал солнечное тепло, то средняя температура нижних слоев атмосферы составляла бы  $-18^\circ\text{C}$ , значит, огромные пространства земной поверхности были бы покрыты ледниками. Именно парниковый эффект создал условия для появления жизни на Земле. В наиболее упрощенной интерпретации «парниковый эффект» можно представить следующим образом. Углекислый газ и другие «парниковые» газы пропускают коротковолновую солнечную радиацию к поверхности Земли, но «задерживают» уходящую длинноволновую радиацию, что ведет к повышению температуры приземных слоев воздуха. Одновременно из-за возрастания испарения в атмосфере увеличивается содержание водяных паров, которые также способствуют развитию «парникового эффекта». Наиболее полно, с учетом многофакторной, многокомпонентной природы этого явления, парниковый эффект рассмотрен в работах К. Я. Кондратьева, Е. П. Борисенкова, Н. И. Москаленко (Кондратьев, Москаленко, 1987; Борисенков, Кондратьев, 1988). Именно с многокомпонентной природой парникового эффекта

связано проявление механизмов как прямой связи, усиливающих эффект, так и обратной связи, маскирующих или ослабляющих парниковый эффект. Положительный тренд температуры воздуха, который наблюдался в конце XIX и в начале XX в., был прерван коротким промежуток похолодания в период 50–70-х гг. XX столетия, именно тогда, когда резко возрос выброс в атмосферу парниковых газов (Борисенков, 2000). Потепление же последних лет в основном осуществлялось за счет холодной, а не теплой половины года и сопровождалось усилением зональных форм циркуляции атмосферы.

Несомненно, что климат менялся и меняется и без воздействия человека. Если обратиться к далекому прошлому нашей планеты, то можно увидеть, что были в истории времена, когда Земля то превращалась в снежный ком, то нагревалась, как печь. Но в последние 250 лет содержание парниковых газов в атмосфере резко возрастает из-за сжигания ископаемого топлива (угля, нефти, природного газа), обширных вырубок леса и роста сельскохозяйственных угодий.

По мнению Р. Вильфанда, директора Гидрометцентра России, «лишь на 20–25 процентов изменения климата можно „списать“ за счет антропогенного воздействия. На сегодняшний день метеорология не в состоянии объяснить все причины изменения климата – у нас пока нет для этого данных» (Поиск № 32–33, 2001). В работах К. Я. Кондратьева (1992), Е. П. Борисенкова (1982) показано, что глобальное потепление может быть обусловлено в большей степени естественными, а не антропогенными флуктуациями климата.

Бесспорно то, что само явление парникового эффекта – задержка тепла газами в атмосфере – реальность. Рост содержания  $\text{CO}_2$  и других парниковых газов в атмосфере налицо, и он продолжается. Безусловно, за последние 100 лет произошло потепление климата, которое не противоречит возможному потеплению за счет  $\text{CO}_2$ . Колебательный характер практически всех природных процессов и явлений также вряд ли у кого вызывает сомнение в настоящее время.

П. Блумфильд (Bloomfield, 1992), проанализировав данные о вековом тренде среднеглобальной температуры воздуха, пришел к выводу, что диапазон вероятностного роста приземной температуры воздуха составляет 0,2–0,8 °C за 100 лет, и отметил, что сделанные расчеты свидетельствуют о возможности практически полной компенсации «парникового» потепления «аэрозольным» выхолаживанием, обусловленным увеличением содержания в атмосфере сульфатного аэрозоля.

Внимание к естественным причинам изменений климата и природной среды Земли в целом и их регионального отражения усиливается. Не отрицая существенного и часто негативного влияния многих результатов человеческой деятельности, можно констатировать, что она не носит в большинстве случаев глобального характера, а имеет локальное или локально-региональное значение.

Как показано в работе К. Я. Кондратьева (2004), глобальный тренд температуры воздуха может быть интерпретирован как эквивалентно линейное потепление за 140 лет, составляющее 0,61 °C на 95%-м доверительном уровне. Позднее 1901 г. произошло потепление, равное 0,57 °C. Эти оценки позволили заключить, что с конца XIX в. произошло потепление, составившее 0,6 °C. При этом северное полушарие прогрелось на 0,3 °C больше, чем южное, более океаническое и с большей массой льда. Потепление на территории континентов составило 1,6 °C, а в районе морской поверхности – около 0,8 °C. Таким образом, разница потепления на суше по сравнению с акваторией океана составляет около 0,8 °C (Клиге, 2000).

Региональные изменения приземной температуры воздуха в Карелии в целом отражают положительные тенденции изменения глобальной температуры в течение XX в. (рис. 1). Однако следует отметить существенно более серьезную пространственную и временную неоднородность в тенденциях изменений климата Карелии по сравнению с изменениями на пространственных масштабах полушарий и Земного шара. В Карелии повышение средней годовой температуры воздуха за сто лет составило 0,2 °C, за последние 50 лет – 0,6 °C. В районе Карельского побережья Белого моря тенденции изменения среднегодовой температуры воздуха отрицательны, на остальной территории республики температурные тренды за последние 50 лет прошлого века положительны – от 0,1 °C/50 лет в северных районах до 1,0 °C/50 лет по югу республики.

Анализ сезонных температур воздуха, выполненный по данным наблюдений метеорологических станций, расположенных на севере европейской территории России, позволил выявить пространственно-временную дифференциацию тенденций изменения температуры по сезонам. Только весенняя температура воздуха имеет положительные тренды (до +3,5 °C/50 лет) по всей изучаемой территории (рис. 2). Для остальных сезонов районы с положительными значениями трендов расположены, в основном, в южной части региона вблизи крупнейших озер Европы – Ладожского и Онежского.

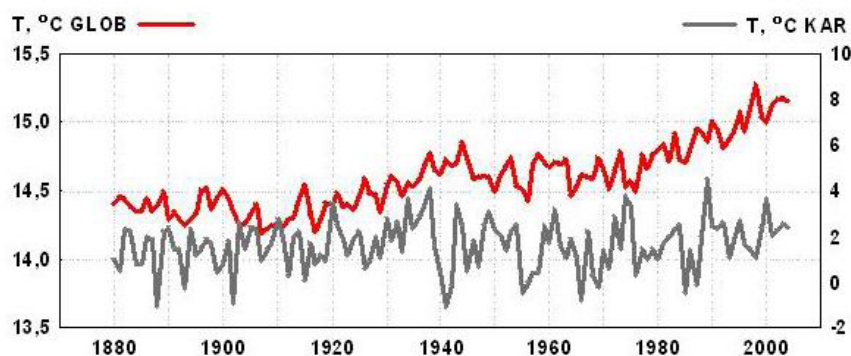


Рис. 1. Изменение глобальной и региональной (Карелия) температуры воздуха за период 1880–2005 гг.

Fig. 1. Changes in global and regional (Karelia) air temperature over the 1880–2005 period

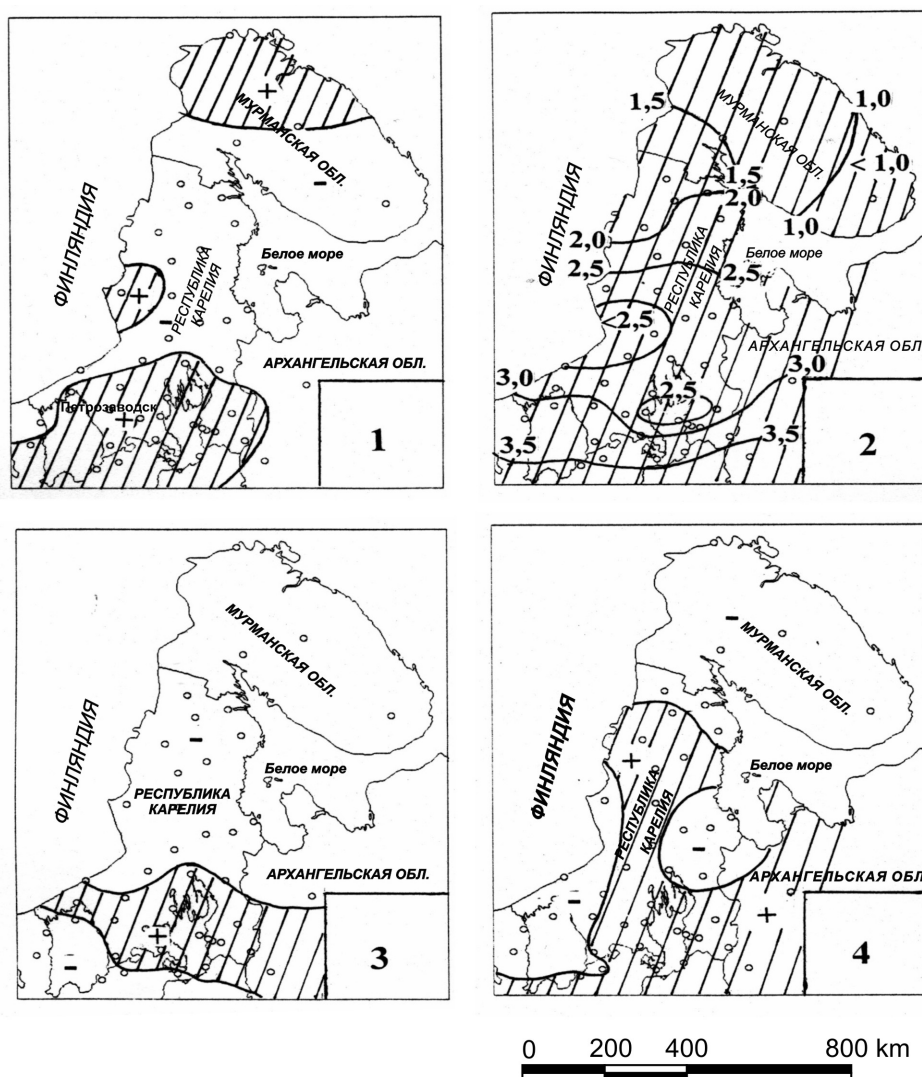


Рис. 2. Пространственное распределение зон положительного (+) и отрицательного (–) трендов сезонных температур воздуха на территории северо-запада России за период 1951–1999 гг.:

1 – декабрь – февраль, 2 – март – май, 3 – июнь – август, 4 – сентябрь – ноябрь

Fig. 2. Spatial distribution of zones with positive (+) and negative (–) trends of seasonal air temperatures in Northwest Russia in 1951–1999:

1 – December – February, 2 – March – May, 3 – June – August, 4 – September – November



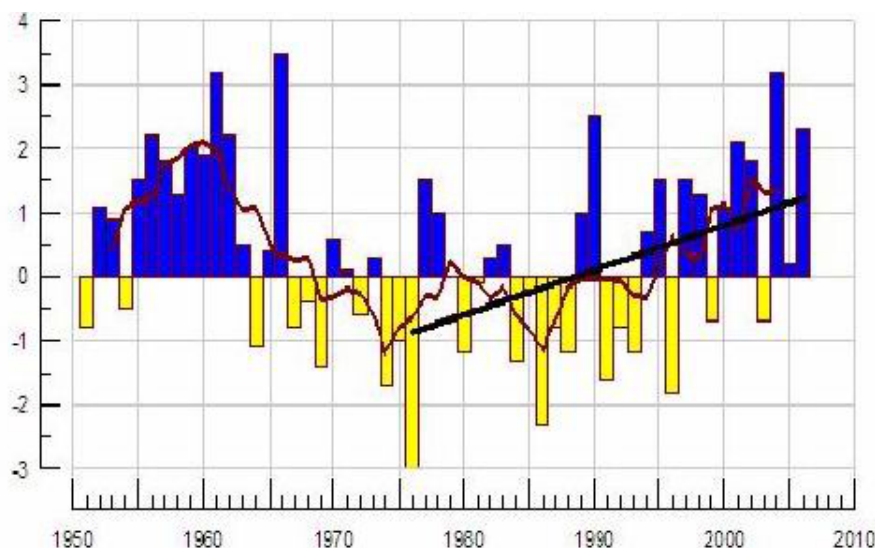


Рис. 3. Аномалии годовых сумм осадков, средних по территории России (мм/месяц) (рисунок к докладу Г. В. Груза, Э. Я. Раньковой на конференции в Новосибирске, июнь 2007 г.):

аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Кривая линия – 5-летняя скользящая средняя. Линейный тренд (за 1976–2006 гг.) показан прямой линией

Fig. 3. Abnormalities of total annual precipitation averaged for entire Russia (mm/month) (Figure from a presentation made by Gruza & Ran'kova at a conference in Novosibirsk in June 2007):

abnormalities were computed as deviations from the mean in the period 1961–1990. The curve is the 5-year moving average. The straight line shows the linear trend (over 1976–2006)

Если говорить о средней месячной температуре воздуха, то необходимо отметить, что наиболее четко положительный линейный тренд выражен в марте и составляет на разных станциях от 3,0 до 5,0 °C за 50 лет. Апрель теплеет существенно медленнее, чем март (от 0,5 до 2,1 °C/50 лет). Тенденции к потеплению по данным наблюдений за период с 1951 по 2000 г. прослеживаются с января по май. В летний период и значительную часть осеннего сезона изменения температуры разнонаправленны и малы по абсолютной величине (меньше 1,7 °C/50 лет). К ноябрю они сменяются тенденцией к похолоданию на 0,4–1,1 °C/50 лет практически на всей территории региона.

Важным метеорологическим элементом являются атмосферные осадки. Однако оценки, касающиеся изменений количества осадков, существенно менее надежны, чем аналогичные оценки для температуры воздуха. Это вызвано как трудностями непосредственно инструментальных измерений (в особенности твердых осадков в зимний период), так и неоднородностью рядов наблюдений на метеорологических станциях, связанной с изменениями наблюдательной практики. Кроме того, существенно меньшая, по сравнению с полями температуры, пространственная связанность

полей осадков делает менее надежными оценки регионально-осредненных величин. Для регионов России, как и для суши Земного шара в целом, в основном характерен максимум на рубеже 1950–1960-х гг., который означает убывание осадков после начала 1960-х гг. (на европейской территории и в Карелии, в частности, сменившееся ростом с середины 1970-х) (рис. 3).

Анализ изменений количества осадков в Карелии за 1951–2000 гг. позволяет сделать вывод о том, что в целом наблюдается рост годовых сумм для всех районов республики. Тенденция к увеличению отмечается в период с октября по апрель. С мая по сентябрь в различных районах Карелии отмечается как увеличение, так и уменьшение сумм осадков.

К каким последствиям может привести глобальное потепление климата? Поднимется уровень мирового океана из-за таяния ледников и полярных льдов, возникнет угроза затопления прибрежных и островных территорий, леса умеренного пояса начнут перемещаться на север, арктическая тундра может исчезнуть, многие тропические болезни, такие как малярия, распространятся на большие территории, увеличатся площади пустынь, снизится урожайность сельхозпродукции, начнется миграция

населения в более благоприятные для проживания районы и т. д.

Для того чтобы это не произошло, необходимо принимать срочные меры. Необходимо сокращать выбросы CO<sub>2</sub>, для чего внедрять современные технологии, заменять устаревшее оборудование, использовать нетрадиционные возобновляемые источники электроэнергии (ветер, солнце, океанические волны, биомасса и т. д.), регулировать теплопотребление и т. д. В 1988 г. была создана Межправительственная

группа экспертов по вопросам изменения климата, которая регулярно готовит отчеты о состоянии климата планеты. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро была подписана Рамочная конвенция по изменению климата, а в 1997 г. в Киото был подписан Киотский протокол, согласно которому страны-участницы должны обеспечить условия, при которых их суммарные антропогенные выбросы парниковых газов не превысят установленных для них норм, что приведет к сокращению общих выбросов.

## ЛИТЕРАТУРА

**Борисенков Е. П.** Климат и деятельность человека. М., 1982. 133 с.

**Борисенков Е. П.** Многокомпонентная природа парникового эффекта и некоторые сопутствующие явления // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М., 2000. С. 24–40.

**Борисенков Е. П., Кондратьев К. Я.** Круговорот углерода и климат. Л., 1988. 319 с.

**Будыко М. И.** Климат в прошлом и будущем. Л., 1980. 350 с.

**Груза Г. В., Ранькова Э. Я.** Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 50–67.

**Дроздов О. А., Васильев В. А., Кобышева Н. В. и др.** Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.

**Клиге Р. К.** Глобальные гидроклиматические изменения // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М., 2000. С. 6–24.

**Климат Карелии.** Изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 223 с.

**Кобак К. И., Кондрашева Н. Ю., Лугина К. М. и др.** Анализ многолетних метеорологических наблю-

дений в Северо-Западном регионе России // Метеорология и гидрология. 1999. № 1. С. 30–38.

**Кондратьев К. Я.** Глобальный климат. СПб., 1992. 357 с.

**Кондратьев К. Я.** Неопределенности данных наблюдений и численного моделирования климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 93–119.

**Кондратьев К. Я., Москаленко Н. И.** Парниковый эффект атмосферы и климат. Метеорология и климатология. М.: ВИНТИ, 1987. 205 с.

**Мирвис В. М.** Закономерности изменения режима температуры воздуха на территории России в последнее столетие // Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. С. 105–117.

**Монин А. С.** Вращение Земли и климат. Л., 1972. 115 с.

**Мякишева Н. В.** Закономерности формирования внешнего водообмена и уровня режима озер зоны избыточного и достаточного увлажнения: Дис. ... докт. геогр. наук. СПб., 2001.

**Сепп М., Джоагус Д.** Причины увеличения температуры воздуха в Тарту в марте // Всемирная конференция по изменению климата: Тез. докл. М., 2003. С. 480.

**Филатов Н. Н.** Изменения климата Восточной Финноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1997. 147 с.

**Bloomfield P.** Trends in global temperature // Climatic Change. 1992. Vol. 21, N 1. P. 1–16.

## GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE CHANGE

L. E. Nazarova

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre*

A topical problem of today is climate variability and change in the context of global warming. Tendencies of climate change at the regional level are of particular interest.

It would be expedient to distinguish between climate change and variability depending on the duration of certain perturbations and reversibility of the process. Climate variability is a relatively short-term reversible change of periods shorter than those used in the definition of the climate (several decades). Fluctuations with a less than 30-year

interval should rather be classified as climate variability, longer ones – as climate fluctuations if reversible, and as climate change if irreversible. The notion of climate variability describes variations in the climate average state and other statistical parameters (variance, recurrence of extreme events, etc.) of any temporal and spatial scope that go beyond specific weather events (Kondratiev, 2004). Variability includes various cycles, noise and other components. World Meteorological Organization defines climate change as the

difference of climate characteristics averaged over an extended period – so-called quasi-stationary interval. The time period usually selected for such averaging is about 30 years. Such change would be considered real if it exceeds probable error of estimation of the respective variables, or statistically significant within the common stochastic model of the climate if the change exceeds the given significance level (Gruza, Ran'kova, 2004). Climate change may be generated by natural (related both to internal processes and external impacts) and/or anthropogenic factors (changes in composition of the atmosphere or land use) (Kondratiev, 2004). This definition differs from the one suggested in the Framework Convention on Climate Change (FCCC), where climate change is limited to changes attributed to human impact, as opposed to climate variability due to natural factors. Climate is then understood as a statistical set of states the ocean/land/atmosphere/cryosphere/biosphere system goes through over several decades (Monin, 1972).

An essential prerequisite for forecasting future climatic conditions is detection of reasons behind climate change. For over a century now, scientists have been persistently looking for reasons that might have in a way affected the formation and transformation of the Earth's climate. The range of speculations, conjectures, and hypotheses is enormous. According to these theories, the climate may change under the influence of cosmic, astronomic and geological factors.

The hypotheses based on the action of cosmic factors purport that the nature of climate change is multifactorial, with processes underway on the Sun having the dominating effect. The focus was on finding the relationship between the combined sunspot index, known as Wolf sunspot number, and the change of air temperature on the Earth. The renowned climatologist Köppen detected a feedback between these parameters. Köppen had many disciples, but his opponents, such as Fyodorov, preferred to speak of a more or less coordinated pattern of solar activity and air temperature. It is now believed that there is a relationship between 11- (22-) year cycles of solar activity and air temperature, but the influence of this relationship on the climate is very complex and equivocal.

Hypotheses build around astronomic factors suggest that climate fluctuations may occur due to changes in some parameters of the Earth's orbit, namely periodic changes in the orbit eccentricity, tilt of the equatorial plane to the orbital plane, or the axial tilt and precession of the orbit. Studies of the problem began over a century and a half: the idea that parameters of the Earth's orbit and axial tilt influence incoming solar radiation was expressed

by the French mathematician Adhemar back in 1842, but systematic research began only early in the 20<sup>th</sup> century owing to the Serbian geophysicist Milankovic, who laid the foundations of the theory of astronomic climate, i.e. the climate that forms on the planet under the influence of external factors.

Making no attempt to disprove astronomic causes, the founder of Russian climatology A. Voeikov believed the main factors behind climate change in different geological eras and periods were changes in the characteristics of the underlying surface – shifts in land/sea distribution and elevations above sea level, modifications in the shoreline, relief, plant cover. All the above fall into the next group of climate-forming factors – geophysical ones, related to qualities of the Earth as a planet. This group also includes factors such as size and weight of the planet, its structure, processes underway in its interior, rate of rotation around the axis, gravitational and magnetic fields, composition of the atmosphere (concentration of natural and man-made aerosols and gaseous substances).

Much attention in the papers investigating the causes of climate change is paid to the effect of carbon dioxide concentration in the Earth's atmosphere on the climate.

The atmosphere is the central component of the global climate system. This is a ubiquitous and most power shell of the Earth. The atmosphere is present in any spot of our planet's surface, whereas other elements occur on part of the surface only. Thus, the ocean covers 70.8% of the Earth's surface, land – 29.2%; glaciers – a little over 3%, and when taken together with sea ice and snow cover – ca. 11%; the biosphere covers a great area, but it is separated into ranges, and no accurate data about it are available (Myakisheva, 2001). The mass and composition of the Earth's atmosphere are climate-forming factors that are inherent in the climate system.

Essential to formation of the climate are variable components of the atmosphere – water vapour, carbon dioxide and other minor gaseous components, solid and liquid impurities (aerosol), since they significantly affect fluxes of solar and especially terrestrial radiation. Atmospheric air is more or less transparent to short-wave radiation, wherefore most of the solar radiation taken up by the Earth is absorbed by the Earth's surface, which is the main source of heat for the atmosphere. Heat energy is transmitted from the surface to the atmosphere through long-wave radiation, by means of turbulent heat exchange and as the result of heat losses to evaporation from land and water surfaces (this heat then goes to the atmosphere as evaporated water vapour condensates).

There were times in the history of the Earth when CO<sub>2</sub> content in the atmosphere was much higher than today. Some data indicate, e.g., that CO<sub>2</sub> concentration ca. 250 mln. yrs. BP was 7.5%, during the Phanerozoic (570 mln. yrs. BP) – no more than 0.3%. Presumably, CO<sub>2</sub> concentration at some point about 1 mln. yrs. BP was nearly twice as much as today (Borisenkov, 1982). Data collected at Mauna Loa (Hawaii) and Izana (Spain) observatories have confirmed a rise in CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere from 343 ppm in 1984 to 358 ppm in 1995 (Filatov, 1997). CO<sub>2</sub> emissions now exceed 5 bln. ton per year of carbon equivalent and 18 bln. ton of CO<sub>2</sub> equivalent (Kondratiev, 1992).

Closely related to CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere is so-called “greenhouse effect”. The greenhouse effect is not man-made – it has been present on the Earth for millions of years, ever since the atmosphere had appeared. Had the natural greenhouse effect not retained solar heat, average temperature in the lower strata of the atmosphere would have been –18 °C, meaning that enormous spaces on the Earth would have been glaciated. It was exactly the greenhouse effect that generated the preconditions for emergence of life on the Earth. The following very simplified interpretation of the greenhouse effect can be offered. Carbon dioxide and other “greenhouse” gases let short-wave solar radiation reach the Earth’s surface, but “detain” outgoing long-wave radiation, inducing a rise in air temperature near the surface. On the other hand, higher evaporation leads to an increase in the content of water vapours in the atmosphere, which also promote the greenhouse effect. A most comprehensive analysis of the greenhouse effect, taking all the factors and components of the phenomenon into account, is presented in papers by Kondratiev and Moskalenko (1987), Borisenkov and Kondratiev (1988). The multi-component nature of the greenhouse effect is what triggers the mechanisms of both feedforward, which intensifies the effect, and feedback, which disguises or attenuates the effect. The upward air temperature trend observed in the late 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> century was interrupted by a short cooling period in the 1950s-1970s – exactly when greenhouse gas emissions into the atmosphere grew sharply (Borisenkov, 2000). Recent warming has mainly been at the expense of the cold rather than the warm part of the year, and was accompanied with a strengthening of zonal circulation in the atmosphere.

No doubt, climate has changed and keeps changing even where there is no human impact. Looking back into the remote past of our planet, one would find times when the Earth turned into a

snowball or heated up as an oven. In the past 250 years however, the content of greenhouse gases in the atmosphere has been growing sharply because of fossil fuel combustion (coal, oil, natural gas), extensive logging and expansion of farmland.

As R. Wilfand, Director of Russian Hydrometeorology Centre, put it, “only 20–25% of climate change can be attributed to human impact. Meteorology of today cannot explain all causes of climate change – we have no data for that yet” (Poisk 32-33, 2001). Kondratiev (1992) and Borisenkov (1982) have demonstrated that global warming may largely be due to natural rather than anthropogenic fluctuations of the climate.

It is certain that the greenhouse effect itself – heat retention by gases in the atmosphere – is a reality. Increase in the content of CO<sub>2</sub> and other greenhouse gases in the atmosphere is obvious and continuing. The fact that over the past 100 years there has been climate warming that does not contradict potential CO<sub>2</sub>-induced warming cannot be disputed. Neither does the wobbling nature of nearly all natural processes and phenomena cause any doubts today.

Having analysed data on the century-long mean global air temperature trend, Bloomfield (1992) concluded that the probability range of increase in surface air temperature is 0.2–0.8 °C over 100 years, and noted that according to his calculations “greenhouse” warming may be completely offset by “aerosol” cooling resulting from a rise in sulphate aerosol content in the atmosphere.

More and more attention is now being drawn to the natural causes of change in the climate and the Earth’s natural environment in general, and to their regional manifestations. Not negating the considerable and often detrimental impact of many human activities, one can argue that they are scarcely of global scope, but most often of local or local-regional significance.

As demonstrated by Kondratiev (2004), the global air temperature trend can be interpreted as equivalent linear warming of 0.61 °C over 140 years at a 95% confidence level. After 1901, the climate has grown 0.57 °C warmer. These estimates suggest that the warming since the late 19<sup>th</sup> century has been 0.6 °C. Warming in the northern hemisphere has been 0.3 °C greater than in the southern, more oceanic one, with a greater mass of ice. Warming over continents has been 1.6 °C, and over the sea – ca. 0.8 °C. Thus, the difference in warming between land and ocean water area is ca. 0.8 °C (Kliege, 2000).

Regional changes in surface air temperature in Karelia generally correlate with upward trends of global temperature change in the 20<sup>th</sup> century (Fig. 1). One should note however a far greater spatial



and temporal heterogeneity in climate change tendencies in Karelia compared with changes at the scope of the hemisphere and the globe. In Karelia, the rise in mean annual air temperature over 100 years has been 0.2 °C, over the past 50 years – 0.6 °C. The mean annual temperature trend on the Karelian White Sea coast is negative, whereas in the rest of Karelia temperature trends over the last half of the previous century were positive – from 0.1 °C/50 yrs. in northern areas to 1.0 °C/50 yrs. in the south of the republic.

Analysis of seasonal air temperatures based on data from the weather stations situated in the north of European Russia revealed spatial-temporal differentiation of temperature trends among seasons. Only spring air temperature showed positive trends (up to +3.5 °C/50 yrs.) throughout the study area (Fig. 2). For the rest of the seasons, areas with positive trends are mainly situated in southern parts of the republic, near Europe's largest lakes – Ladoga and Onego.

Speaking of mean monthly air temperature, positive linear trend is the most explicit in March, reaching 3.0 to 5.0 °C over 50 years at different stations. April grows warmer much slower than March (0.5 to 2.1 °C/50 yrs.). According to data from 1951 to 2000, warming tendencies are observed from January to May. Temperature changes in the summer season and most of the autumn season have different directions and low absolute values (<1.7 °C/50 yrs.). By November, the trend changes for cooling by 0.4–1.1 °C/50 yrs. nearly throughout the region.

An essential meteorological element is precipitation. However, estimates of change in precipitation volumes are far less reliable than such estimates for air temperature. The reasons for that are both difficulties of instrumental measurements (especially for snowfall in winter) and non-uniformity of observation series at weather stations because of modifications introduced in observation procedures. Furthermore, the much lower than for

temperature fields spatial continuity of precipitation fields makes estimates of regionally averaged values less reliable. In Russian regions, like in terrestrial parts of the globe at large, the maximum was generally observed at the verge of the 1950s-1960s, i.e. precipitation had been decreasing since the early 1960s (superceded in European Russia, including Karelia, by a rise since mid-1970s) (Fig. 3).

The general conclusion from the analysis of changes in precipitation in Karelia over 1951–2000 is that annual totals tend to increase in all parts of the republic. The upward tendency is observed from October through April. The period from May through September demonstrates both a rise and a decline in total precipitation in different parts of Karelia.

What may the consequences of global warming be? The level of the world ocean will rise as glaciers and polar ice melt, causing a threat of flooding of coastal and insular territories; temperate forests will shift northwards; arctic tundra may disappear; many tropical diseases, such as malaria, will spread over to extensive areas; desert area will grow; yields of agricultural products will drop; people will start migrating to more favourable areas, etc.

Urgent measures are needed to avoid that. CO<sub>2</sub> emissions have to be reduced through introduction of new technologies, re-equipment, utilization of alternative renewable sources of energy (wind, solar heat, oceanic waves, biomass, etc.), control of heat consumption, etc. In 1988, the Intergovernmental Panel on Climate Change was set up to prepare regular report on the state of the climate on the planet. In 1992, the Framework Convention on Climate Change was signed in Rio-de-Janeiro, and in 1997, the Kyoto Protocol was signed, where the signatory nations undertook to secure the conditions under which their total anthropogenic greenhouse gas emissions would not exceed the thresholds set for them, thus reducing total emissions.

## REFERENCES

- Borisenkov E. P.** Climate and Human Activities. Moscow, 1982. 133 p. [in Russian].
- Borisenkov E. P.** Multi-component nature of the greenhouse effect and some accompanying phenomena // Global and Regional Climate Change and its Natural and Socioeconomic Consequences. Moscow, 2000. P. 24–40 [in Russian].
- Borisenkov E. P., Kondratiev K. Ya.** Carbon Cycle and the Climate. Leningrad, 1988. 319 p. [in Russian].
- Budyko M. I.** Climate in the Past and the Future. Leningrad, 1980. 350 p. [in Russian].
- Gruza G. V., Ran'kova E. Ya.** Detecting climate change: state, variability and extremality of the climate // Meteorologija i gidrologija. 2004. N 4. P. 50–67 [in Russian].
- Drozdov O. A., Vasiliev V. A., Kobysheva N. V. et al.** Climatology. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 568 p. [in Russian].
- Kliege R. K.** Global hydroclimatic changes // Global and Regional Climate Change and its Natural and Socioeconomic Consequences. Moscow, 2000. P. 6–24 [in Russian].
- Filatov N. N.,** ed. Climate of Karelia. Variability and Effect on Water Bodies and Catchments. Petrozavodsk, 2004. 223 p. [in Russian].
- Kobak K. I., Kondrasheva N. Yu., Lugina K. M. et al.** Analysis of Long-term Meteorological Observations in Northwest Russia // Meteorologija i gidrologija. 1999. N 1. P. 30–38 [in Russian].

**Kondratiev K. Ya.** Global Climate. St. Petersburg, 1992. 357 p. [in Russian].

**Kondratiev K. Ya.** Uncertainties of observation data and numerical climate simulation // Meteorologija i gidrologija. 2004. N 4. P. 93–119 [in Russian].

**Kondratiev K. Ya., Moskalenko N. I.** Greenhouse effect of the atmosphere and the climate. Meteorologija i klimatologija. Moscow: VINITI, 1987. 205 p. [in Russian].

**Mirvis V. M.** Patterns of change in the air temperature regime in Russia over the past century // Climate Change and its Consequences. St. Petersburg: Nauka, 2002. P. 105–117 [in Russian].

**Monin A. S.** Rotation of the Earth and the Climate. Leningrad, 1972. 115 p. [in Russian].

**Myakisheva N. V.** Patterns in the Formation of External Water Exchange and Level Fluctuations in Lakes in Excessive and Sufficient Moisture Zones // DSc Thesis. St. Petersburg, 2001 [in Russian].

**Sepp M., Jaagus J.** Reasons of temperature increase in Tartu in March // World Climate Change Conference. Proceedings. Moscow, 2003. P. 480.

**Filatov N. N.** Climate change in East Fennoscandia. Petrozavodsk, 1997. 147 p. [in Russian].

**Bloomfield P.** Trends in Global Temperature // Climatic Change. 1992. Vol. 21, N 1. P. 1–16.

## СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Ю. А. Сало

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

Одной из важнейших экологических проблем современности, выходящих за рамки отдельных стран и регионов, является проблема глобального изменения климата. В начале 2001 г. был опубликован Третий отчет, подготовленный Межправительственной группой экспертов по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), в котором содержатся научно обоснованные факты глобального потепления, дана объективная картина наблюдаемых изменений климатической системы Земли и процессов, их вызывающих. Помимо природных колебаний климата, в качестве одной из причин заметного потепления, продолжающегося со второй половины XX в., эксперты называют увеличение выбросов парниковых газов ( $\text{CO}_2$ , метан, закись азота, гексафторид серы, метан и др.) техногенного происхождения. Концентрация всех парниковых газов быстро увеличивается, а концентрация в атмосфере диоксида углерода в настоящее время выше, чем в любой другой период за последние 420 000 лет (Сперанская, 2001). По данным IPCC, концентрация углекислого газа в атмосфере за период с 1750 по 2000 г. увеличилась на 31%; скорость увеличения при этом составила 0,4% в год в течение двух последних десятилетий, а в 90-х гг. – на 0,2–0,6% (Climate Change, 2001). Примерно  $\frac{3}{4}$  антропогенной эмиссии  $\text{CO}_2$  в течение последних 20 лет обусловлено сжиганием ископаемого топлива, остальная часть эмиссии связана с промышленными процессами, изменением землепользования и особенно с сокращением площади лесов.

Современная мировая система производства и потребления энергии базируется на иско-

паемых энергоносителях. Почти все производство электроэнергии основывается на использовании невозобновляемого углеводородного топлива или его производных (нефть и нефтепродукты, природный газ, уголь). Стратегически важной задачей в области энергетики современного периода и на перспективу является обеспечение экономического развития на глобальном, региональном и локальном уровнях на основе эффективного, надежного и безопасного энергоснабжения при минимальных затратах на производство, преобразование, транспортировку, потребление энергоносителей, а также приемлемого уровня техногенного воздействия на окружающую природную среду (Изменение климата..., 2001). Эксперты IPCC изучали возможности последствий изменения климата, направленные, в первую очередь, на ограничение антропогенной эмиссии парниковых газов. Было установлено, что наиболее важными мерами являются повышение энергоэффективности, эффективное использование природного газа, а также использование источников энергии, содержащих низкую концентрацию углерода, например, биомассы или других видов возобновляемых источников энергии. Сочетание таких мер может к 2020 г. привести к ежегодному сокращению антропогенной эмиссии парниковых газов в размере 3,6–5 млрд т в углеродном эквиваленте, что составляет 43–60% современных выбросов (Сперанская, 2001; Climate Change, 2001).

Практически вся история развития цивилизации связана с освоением энергии и неуклонным ростом энергопотребления. Именно благодаря способности получать, преобразовы-

вать и применять во всех отраслях материального производства энергию различного вида человечество вышло на этап в целом устойчивого роста качества жизни, освоения пространства, в том числе околоземного, развития новых технологий производства. С начала индустриального периода численность населения Земли нелинейно возрастала, причем этот процесс сопровождался еще более интенсивным ростом производства и потребления энергии при постоянном увеличении выбросов парниковых газов техногенного происхождения в атмосферу (рис. 1, 2).

Изменения среднеглобальной приземной температуры воздуха за период инструментальных наблюдений и особенно в последние десятилетия XX в. эксперты IPCC связывают с

резким увеличением эмиссии парниковых газов (рис. 2). Таким образом, способы производства энергии, которые развивались на протяжении XIX–XX вв., во многом способствовали антропогенным изменениям климата, в частности, глобальному потеплению.

Как следует из сложившейся структуры (табл.), основным источником производства энергии является ископаемое топливо – нефть, природный газ и уголь (94% суммарной выработки электроэнергии в России и около 65% всей производимой в мире), тогда как на долю экологически чистых природосберегающих ресурсов приходится не более 1,5% как в России, так и в мире в целом (Изменение климата..., 2004). При этом технология получения энергии от сжигания ископаемых видов топлива не

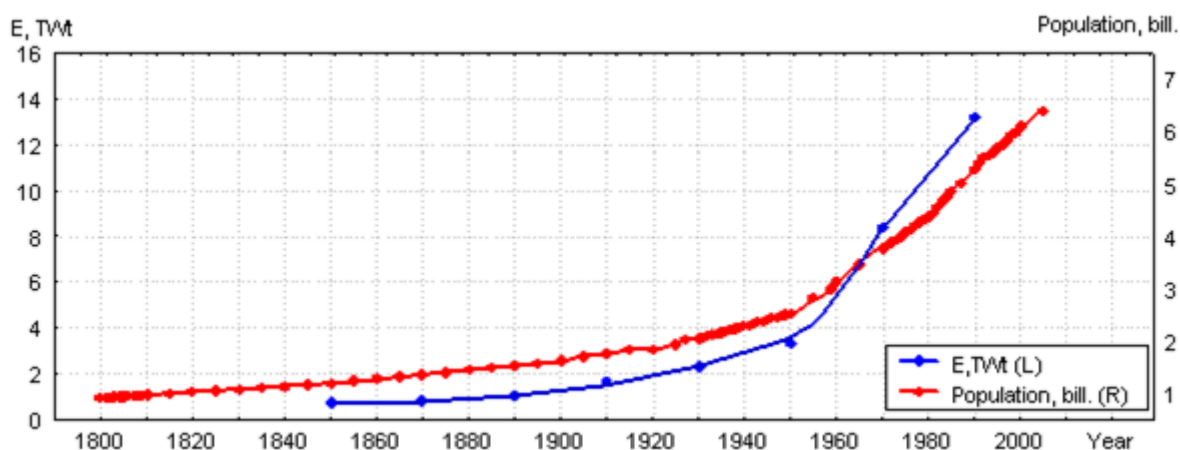


Рис. 1. Производство энергии в мире (в терраваттах) и рост народонаселения (в млрд чел.).  
1 тВт =  $10^{12}$  Вт

Fig.1. World energy manufacturing (in terrawatts) and the world population growth (in billions).  
1 TWt =  $10^{12}$  watts

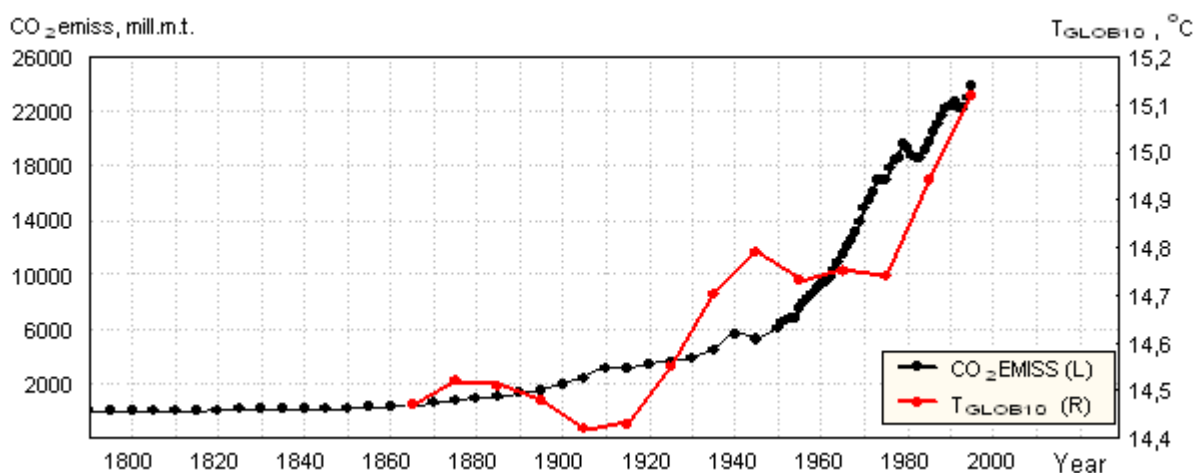


Рис. 2. Общая эмиссия  $\text{CO}_2$  при использовании ископаемого горючего и производстве цемента (в млн т) и сглаженная по скользящим 10-летиям среднеглобальная температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 2. World  $\text{CO}_2$  emission from fossil fuel consumption and cement manufacturing (in million metric tons) and 10-year averaged global air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

является оптимальной в смысле ресурсосбережения и выбросов вредных веществ в атмосферу. В качестве примера на рис. 3 показана технологическая цепочка производства электроэнергии на тепловой электростанции и передачи ее к потребителю. Из одного киловатта энергии, которую потенциально можно получить при сжигании угля, к потребителю доходит лишь 0,015 кВт, что составляет 1,5% от потенциальной энергии исходного количества топлива. Остальные 98,5% расходуются на прямые выбросы при сжигании, на механические потери в турбине и электрогенераторе и на электрические потери при передаче электроэнергии по проводам к потребителю.

ИСТОЧНИКИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
В РОССИИ И В ЦЕЛОМ ДЛЯ ЗЕМНОГО ШАРА, %

Источник	Россия (2005 г.)	Земной шар (2000 г.)
Нефть	29	9,3
Природный газ	51	17,5
Уголь	14	37,8
АЭС	3	15,8
ГЭС	1,5	18,2
Прочие	1,5	1,4
Всего	100	100

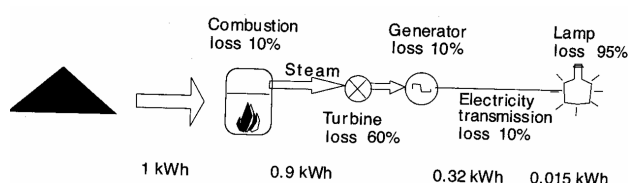


Рис. 3. Энергетическая система для обеспечения электроосвещения (Rydén et al., 2003)

Fig. 3. An energy system for provision of the service electric light (Rydén et al., 2003)

В ближайшем будущем необходимо коренным образом изменить структуру производства энергии в сторону развития технологий, использующих возобновляемые источники (Изменение климата..., 2004).

### Энергия ветра

Большинство береговых зон и островов в морях, океанах и крупных озерах имеют значительные ветроресурсы. Сезонные колебания скорости ветра и их максимальные величины – основные факторы, сдерживающие в настоящее время развитие этого источника энергии. Современные конструкции ветроэнергетических установок рассчитаны на эксплуатацию при скоростях ветра 4–30 м/с.

### Энергия Солнца

В основном прямая солнечная радиация используется для нагрева (получение горячей во-

ды в гелиоколлекторах, отопление помещений). Уже существует большое количество способов улавливания, концентрации и преобразования солнечной энергии.

### Солнечные батареи

Коэффициент полезного действия современных солнечных батарей (СБ) составляет всего 10–15% при относительно высокой стоимости производства солнечных элементов. (Убедиться практически в эффективности СБ можно с помощью несложного эксперимента, описание которого дано в приложении в конце статьи.) Эффективность СБ резко снижается при снижении освещенности, из-за облачности и в ночное время.

### Энергия волн

Волновая мощность мирового океана оценивается в 2,7 млрд кВт, что составляет 30% потребляемой в мире энергии. Разработаны и в небольших объемах применяются технологии использования энергии волн в местах шельфовой зоны. Одной из таких технологий является получение электроэнергии на приливных гидроэлектростанциях.

### Биомасса и биогаз

Энергия, освобождаемая в результате технологической переработки различных видов биомассы, называется биоэнергией. Общий ежегодный прирост биомассы на Земле – около 130 млрд т сухого материала, при переработке которого можно получить около 660 000 тВт·час биоэнергии. Биогаз образуется при реакции брожения органических удобрений, бытовых и промышленных отходов. Использование биогазовых технологий при переработке органики может не только полностью устранить ее экологическую опасность, связанную с выделением парникового газа – метана, но и ежегодно получать дополнительно 95 млн т условного топлива (или, сжигая биогаз, около 190 млрд кВт·час электроэнергии), плюс к этому – более 140 млн т высокоэффективных удобрений.

### Комбинированные источники

Большой интерес вызывают интегрированные системы получения энергии от возобновляемых источников. Например, объединяя ветроэнергетическую установку и солнечную батарею в одну систему, можно получать электроэнергию как в безветренную солнечную погоду, так и в пасмурную ветреную, а также ночью. В качестве примера на рис. 4 показана комбинированная установка малой мощности в д. Сигово (Заонежье).





Р и с . 4 . Комбинированная ветроэнергетическая и солнечная установка (фото М. С. Богдановой)

Fig . 4 . Integrated wind power and solar energy installation (photo by M. Bogdanova)

Основными проблемами, сдерживающими широкое внедрение возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в России, в частности, являются (Изменение климата..., 2001):

- несбалансированная структура цен на органическое топливо;
- относительно высокая стоимость специального оборудования для использования возобновляемых источников, определяемая преимущественно мелкосерийным его производством;
- отсутствие доступа широкой общественности к информации о технологиях использования возобновляемых источников энергии;
- отсутствие поддержки, в том числе законодателей, развития нетрадиционной энерге-

тики на государственном и региональном уровнях;

- недостаточная осведомленность хозяйственных руководителей, в том числе частных предпринимателей, городского и сельского населения о возможностях и преимуществах использования возобновляемых источников энергии.

Решение этих проблем позволит в конечном итоге добиться стабилизации, а затем снижения антропогенного влияния на природные экосистемы на локальном, региональном и глобальном уровнях. Необходимо помнить, что ответственность за глобальное потепление лежит на человечестве и от него зависит устойчивое существование нашей планеты.

## ЛИТЕРАТУРА

**Изменение климата** и энергетика. Потенциал России в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии. М.: Эко-Согласие, 2001. 55 с.

**Изменение климата:** проблемы и решения. Информационное пособие. Мурманск, 2004. 32 с.

**Сперанская О.** Глобальное изменение климата: доказано научными факторами // Изменение климата и энергетика. Потенциал России в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии. М.: Эко-Согласие, 2001. С. 7–9.

**Climate Change** 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. B. Metz et al. Publ. IPCC, Cambridge Univers. Press., 2001. 752 p.

**Photovoltaic Pyranometer** for the measurement of solar radiation (User's guide). SolData, Denmark, 2003. 17 p.

**Rydén L., Migula P., Andersso M.** Environmental Science. Understanding, protecting, and managing the environment in the Baltic Sea Region. A Baltic University Publication. Almqvist & Wiksell Tryckeri Print., Uppsala, 2003. 824 p.

**World Resources** 1998-99. A Guide to the Global Environment. Environmental Change and Human Health / Eds. M. S. Swaminathan et al. New York: Oxford Univ. Press Ltd., 1998. 369 p.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

При наличии солнечной батареи и минимально необходимого набора измерительных приборов можно провести несложный эксперимент по практической оценке эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью современных солнечных элементов. В курсе экологического просвещения ИВПС КарНЦ РАН и в летних экологических лагерях мы используем кремниевые солнечные элементы СБ-6, которые имеют номинальное выходное напряжение 6 В при токе 0,25 А и мощность 1,5 Вт при нормальной освещенности. При объединении четырех таких элементов в батарею достижима мощность 6 Вт.

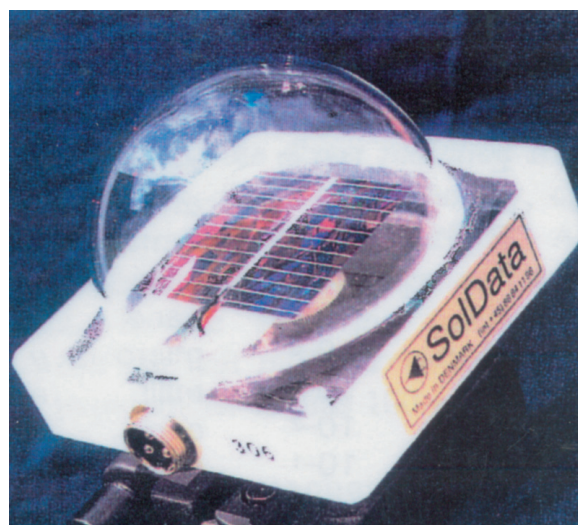
Для проведения эксперимента необходимы: солнечная батарея, пиранометр (фотоэлектрический прибор для измерения суммарной, прямой или рассеянной солнечной радиации), вольтамперметр с пределами измерения постоянного напряжения 20 В и постоянного тока 1 А.

В наших измерениях мы применяли солнечную батарею 4СБ-6, составленную из четырех элементов СБ-6; пиранометр SolData (рис.) и цифровой ампервольтметр DT-709.

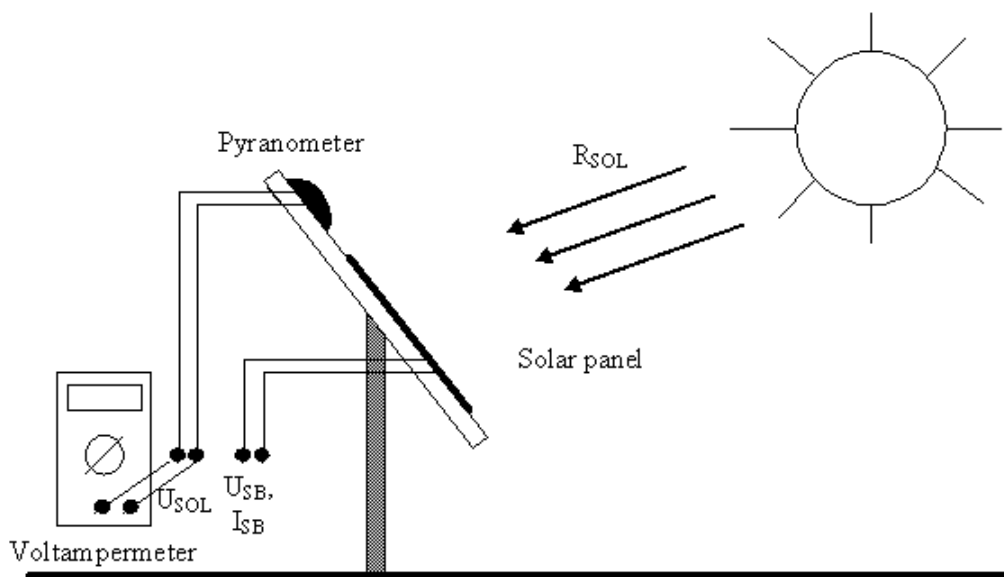
Выполнение измерений и расчет коэффициента полезного действия солнечной батареи производят в следующем порядке.



1



2



Солнечная батарея 4СБ-6 (1), пиранометр SolData (2) и схема экспериментальной установки  
Solar battery 4СБ-6 (1), piranometr SolData (2) and the experimental system installation circuit

Вначале определяют суммарную площадь кристаллов исследуемой солнечной батареи  $S_{SB}$  в  $m^2$ .

Устанавливают солнечную батарею и пиранометр перпендикулярно направлению падающих солнечных лучей; для этого лучше закрепить пиранометр на одной пластине с солнечной батареей.

Подключают к пиранометру ампервольтметр и измеряют напряжение  $U_{SOL}$  в милливольтках. Для каждого пиранометра SolData при его изготовлении определяют и указывают в паспорте прибора переходный коэффициент от напряжения к величине мощности падающего солнечного излучения ( $K$ ). Для имеющегося в нашем распоряжении прибора  $K = 131 \text{ мВ}/(\text{кВт}/m^2)$ .

Далее по формуле

$$P_{SOL} = 1000 \cdot K \cdot U_{SOL}$$

вычисляют мощность солнечного излучения ( $Вт/м^2$ ). Величина  $P_{SOL}$  показывает, какое количество солнечной энергии падает на  $1 m^2$  поверхности. Поскольку площадь нашей солнечной батареи  $S_{SB}$  не равна одному квадратному

метру, необходимо определить мощность  $P_{SB}$ , падающую на фактическую площадь солнечной батареи:

$$P_{SOL.1} = P_{SOL} \cdot S_{SB},$$

при этом, как указано выше, площадь  $S_{SB}$  должна быть выражена в  $m^2$ .

Затем ампервольтметр подключают к солнечной батарее и измеряют напряжение  $U_{SB}$  (в вольтах) и силу тока  $I_{SB}$  (в амперах). Соответствующая электрическая мощность  $P_{SB}$  (в ваттах), которая вырабатывается батареей при данном освещении, равна

$$P_{SB} = U_{SB} \cdot I_{SB}.$$

Коэффициент полезного действия  $\eta_{SB}$ , который и характеризует эффективность данного типа солнечных батарей, вычисляется по формуле

$$\eta_{SB} = P_{SB} / P_{SOL.1} \cdot 100\%.$$

Практические измерения, выполненные нами летом 2008 г. в экологическом лагере «Калипсо» (Водлозерский национальный парк), показали, что коэффициент полезного действия батареи 4СБ-6 невысокий, порядка 11–15%.

## MODERN ENERGY PRODUCTION STRUCTURE IN THE CONTEXT OF GLOBAL WARMING

Yu. A. Salo

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre*

One of the biggest environmental problems of today, reaching beyond the borders of individual countries and regions, is global climate change. Early in 2001, the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) was published. It contains scientific facts about global warming, presents an unbiased overview of the changes occurring in the Earth's climate, and the processes inducing them. Experts believe another reason for substantial warming underway since the second half of the 20<sup>th</sup> century, in addition to natural climate fluctuations, is growing emissions of man-made greenhouse gases ( $CO_2$ , methane, nitrous oxide, sulphur hexafluoride, etc.). The concentration of all greenhouse gases is growing rapidly, and carbon dioxide concentration in the atmosphere is now higher than anytime else over the past 420 000 years (Speranskaya, 2001). According to IPCC,  $CO_2$  concentration in the atmosphere increased from 1750 to 2000 by 31%; the increase rate was 0.4% per year over the past two decades, and 0.2–0.6% – in the 1990s (Climate Change, 2001). Some  $\frac{3}{4}$  of anthropogenic  $CO_2$  emissions in the past 20 years came from fossil fuel

combustion, the rest was due to industrial processes, changes in land use and, particularly, forest shrinkage.

Today, the global energy generation and consumption system relies on fossil fuels. Electricity production is nearly totally based on utilization of nonrenewable hydrocarbons or their derivatives (oil and oil products, natural gas, coal). A task of strategic importance in the energy sector is to ensure economic development at the global, regional and local levels based on effective, unfailing and safe energy supply with minimal costs of its generation, conversion, transfer and consumption, as well as with an acceptable level of environmental impact (Climate Change..., 2001). IPCC experts investigated potential scenarios of climate change, mainly focusing on the ways to reduce anthropogenic emissions of greenhouse gases. The measures recognized as most important for mitigation are enhancement of energy efficiency, efficient utilization of natural gas, as well as utilization of low-carbon energy sources such as biomass or other renewable sources. If these measures are combined, reduction of yearly

greenhouse gas emissions may reach 3.6–5 bln. TCE by year 2020, i.e. 43-60% of current emissions (Climate Change, 2001; Speranskaya, 2001).

Nearly the whole history of civilization is connected with mastering of energy and persistent growth of energy consumption. It was owing to the ability to derive, convert and apply energy of different kinds in all sectors of material production that humankind has reached a phase of relatively steady improvement of the living standard, colonization of spaces, including near-Earth space, development of new technologies. Human population of the Earth has been growing non-linearly since the onset of the industrial period, and the process was accompanied by even more intensive growth of energy production and consumption, and by constant increase in greenhouse gas emissions (Fig. 1, 2).

IPCC experts attribute changes in mean global surface air temperature over the period of instrumental measurements, especially in the last few decades of the 20th century, to a sharp rise in greenhouse gas emissions (Fig. 2). Thus, the methods of energy production that had been developing in the 19<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> centuries largely promoted anthropogenic climate change, in particular global warming.

As seen from the structure above (Tab.), the main energy sources are fossil fuels – oil, natural gas coal (94% of total electricity output in Russia and ca. 65% of the electricity produced around the globe), whereas the proportion of environment friendly resources is no more than 1.5% both in Russia and in the global economy in general (Climate changes..., 2004). Meanwhile, the technology for energy generation from fossil fuels is far from being optimal in terms of resource saving and harmful emissions. See, for instance, Fig. 3, portraying the process chain for electricity generation at a heat power plant and its transfer to the end user. Of the one watt of energy that can be potentially derived from coal combustion, the consumer gets only 0.015 kW, i.e. 1.5% of the fuel's energy potential. The rest 98.5% are wasted in emissions at combustion, mechanical losses in the turbine and generator, and in losses as the electricity is transmitted to the consumer by wires.

SOURCES USED FOR ELECTRICITY PRODUCTION IN RUSSIA AND IN THE WORLD AT LARGE, %

Source	Russia (2005)	Globe (2000)
Oil	29	9.3
Natural gas	51	17.5
Coal	14	37.8
Nuclear power	3	15.8
Hydropower	1.5	18.2
Other	1.5	1.4
Total	100	100

The alternative is to change the structure of energy production profoundly towards development of technologies based on renewable sources as soon as possible (Climate changes..., 2004).

#### Wind energy

Most coastal zones and islands of seas, oceans and large lakes possess substantial wind resources. Seasonal fluctuations of wind velocity and their maximal values are now the main factors limiting the development of this source of energy. Most modern wind power units are designed to operate at wind velocities of 4–30 m/sec.

#### Solar energy

Direct solar radiation is mostly used for heating (water heating in helio-collectors, house heating). Many methods have already been developed to capture, concentrate and convert solar energy.

#### Solar panels

The coefficient of efficiency of modern solar panels (SP) is only 10–15%, the cost of solar cells being rather high. (SP efficiency can be checked in a simple experiment described in the Annex). Sp efficiency drops sharply at lower illumination, cloudiness, and at nighttime.

#### Wave energy

The world ocean's wave power is estimated at 2.7 bln. kW, which equals 30% of the energy consumed globally. Technologies for utilization of wave power in shelf areas have been developed and are in small-scope use. One of such technologies is electricity production at tide-driven hydropower plants.

#### Biomass and biogas

The energy released through processing of various kinds of biomass is called bioenergy. Global annual biomass increment is about 130 bln. tons of dry material, which can be converted into ca. 660 000 TWh of bioenergy. Biogas forms during fermentation of organic fertilizers, domestic and industrial wastes. Application of biogas technologies in processing of organic wastes would not just eliminate the related environmental hazard of methane emission, but also yield additional 95 mln. TCE (or ca. 190 bln. kWh of electricity from biogas combustion), plus over 140 mln. tons of very effective fertilizers.

#### Integrated sources

A technology of high interest is integrated systems of energy generation from renewable sources. E.g., joining a windmill and a solar panel into one unit, one can get electricity both in still



sunny weather, on windy overcast days, and at nighttime. The example in Fig. 4 is the low-output integrated installation in the village of Sigovo (Zaonezhje Peninsula).

The main barriers on the way towards wide use of renewable energy sources and energy-saving technologies in Russia are, i.a. (Climate change ..., 2001):

- unbalanced pricing of organic fuels;
- relatively high cost of specialized equipment utilizing renewable energy sources, mostly because of small-batch production;
- low access for the general public to information on renewable energy technologies;

## REFERENCES

**Climate Changes** and Energy. Russia's Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources. Moscow: Eco-Soglasije, 2001. 55 p. [in Russian]

**Climate Change:** Challenges and Solutions. Textbook. Murmansk, 2004. 32 p. [in Russian]

**Speranskaya O.** Global warming: proven by scientific facts // Climate Changes and Energy. Russia's Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources. Moscow: Eco-Soglasije, 2001. P. 7–9 [in Russian].

**Climate Change** 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds.

– lack of support to development of alternative energy at the national and regional levels, namely from law-makers;

– low awareness of the possibilities and benefits of utilization of renewable energy sources among managers and entrepreneurs, as well as people in urban and rural areas.

Overcoming these barriers one would first stabilize, and then reduce human impact on natural ecosystems at the local, regional and global levels. We must not forget that the humankind is responsible for global warming, and that sustainability of the planet also depends on people.

B. Metz et al. 2001. Publ. IPCC, Cambridge Univers. Press. 752 p.

**Photovoltaic Pyranometer** for the measurement of solar radiation (User's guide). SolData, Denmark, 2003. 17 p.

**Rydén L., Migula P., Andersso M.** Environmental Science. Understanding, protecting, and managing the environment in the Baltic Sea Region. A Baltic University Publication. Almqvist & Wiksell Tryckeri Print., Uppsala. 2003. 824 p.

**World Resources** 1998-99. A Guide to the Global Environment. Environmental Change and Human Health / Ed. M. S. Swaminathan et al. New York: Oxford Univ. Press Ltd., 1998. 369 p.

## APPLICATION

We made measurements with the solar panel 4SB-6 made up of four SB-6 cells, the pyranometer SolData (Fig.), and the digital voltammeter DT-709.

The algorithm for the measurements and calculation of the solar panel coefficient of efficiency is the following.

First, the total area of the solar panel crystals  $S_{SB}$  is determined, expressed in  $m^2$ .

The solar panel and the pyranometer are installed perpendicular to incident radiation; this is best achieved by fixing the pyranometer and the solar panel on the same plate.

The voltammeter is connected to the pyranometer, and millivoltage  $U_{SOL}$  is measured. The calibration factor  $K$  for conversion from voltage to the power of incident solar radiation is indicated in the certificate of each SolData pyranometer.  $K$  factor for the piece we used equaled  $131 \text{ mV}/(\text{kW}/m^2)$ .

Then, apply the formula

$$P_{SOL} = 1000 \cdot K \cdot U_{SOL}$$

to calculate the solar radiation power ( $W/m^2$ ). The

value of  $P_{SOL}$  indicates how much solar energy falls on  $1 \text{ m}^2$  of the surface. Since the area of our solar panel  $S_{SB}$  does not equal one square metre, the power  $P_{SB}$  falling on the actual area of the panel has to be determined:

$$P_{SOL.1} = P_{SOL} \cdot S_{SB},$$

as mentioned above, the area  $S_{SB}$  should be in  $m^2$ .

The voltammeter is then connected to the solar panel, and voltage  $U_{SB}$  (in volts) and current  $I_{SB}$  (in amperes) are measured. The corresponding electric power  $P_{SB}$  (in watts) produced by the panel at this radiation is

$$P_{SB} = U_{SB} \cdot I_{SB}.$$

The coefficient of efficiency  $\eta_{SB}$  – the descriptor of the efficiency of this type of solar panels, is calculated by the formula

$$\eta_{SB} = P_{SB} / P_{SOL.1} \cdot 100\%.$$

Practical measurements carried out at the Calypso eco-camp (Vodlozersky National Park) in the summer of 2008 proved the efficiency of the 4SB-6 panel to be rather low, ca. 11–15%.

# ГЛОБАЛЬНАЯ ЭТИЧЕСКАЯ ТРИЛЕММА

Ян Отто Андерссон

Отделение экономики, Университет Або Академи, Финляндия

Экологическая экономика возникла в связи с необходимостью противостоять вызовам, с которыми человечеству еще не приходилось сталкиваться. Сегодня мы все живем в глобальной экономике и разделяем ее судьбу. В то время как мы производим блага в ранее немыслимых масштабах, нам также приходится признать, что угрозы жизненно важным экологическим системам нарастают невиданными темпами. Противоречие между экономической и экологическими системами стало общепризнанным фактом не только на местном, но и на глобальном уровне. Потребность в подходе, который смог бы напрямую разрешить эту дилемму, стала очевидной.

Глядя на экологические проблемы с глобальной точки зрения, невозможно абстрагироваться от разительного неравенства между народами. Одни зарабатывают и потребляют куда больше, чем другие, и поэтому вопрос о том, как быть с экологическими вызовами, связан с вопросом о том, как достичь более справедливого распределения экономических возможностей. Экологической экономике пришлось включить в круг своих интересов глобальное равенство – задача, повысившая требования к этой дисциплине, как с научной, так и с политической точки зрения.

Необходимость ввести понятие справедливости в анализ отношений между экономикой и экологией стала очевидна вскоре после публикации обеспечившего прорыв доклада *Пределы роста (Limits to Growth)* в 1972 г. Суть этой публикации Римского клуба состояла в том, что если продолжится рост населения и потребления теми же темпами, то в XXI в. человечество ожидает серьезные экологические катастрофы. Существуют физические пределы для роста, и единственный способ избежать катастрофы в будущем – снизить рост населения и стабилизировать промышленное производство. Это означает не только прекращение роста населения на бедном Юге, но и сокращение промышленного роста по всему миру.

Группа исследователей из Латинской Америки написала свой отчет в противовес: «Катастрофа и новое общество. Латиноамериканская модель мира» (*Catastrophe and New Society. A Latin American World Model*, 1976), где утверждается, что большая часть мира уже живет в состоянии бедности, и для этой части кри-

зис уже наступил. Поэтому экономический рост на Юге нужно ускорить. Нельзя поддерживать неравенство в мире, пытаясь избежать будущей катастрофы, которая принесет кризис и на Север.

Латиноамериканская модель мира, именуемая также моделью Барилоче, указывает на глобальную этическую трилемму. Существуют три цели, под которыми подписалось бы большинство людей Земного шара, – благосостояние, справедливость и устойчивость. Однако объединить эти три цели на глобальном уровне – задача трудновыполнимая. Обсудим глобальную этическую трилемму, опираясь на следующую диаграмму.



Углы треугольника соответствуют трем составляющим, часто включаемым в определения устойчивого развития: экологическое, экономическое и социальное измерения. Сложность в достижении всех трех целей на мировом уровне – настоящий вызов для тех, кто полагает устойчивое развитие главной политической целью нашего времени. Именно этот вызов и делает экологическую экономику столь увлекательной.

## БЛАГОСОСТОЯНИЕ

Вернемся на время в «золотой век» 1950-х и 1960-х гг. Настроения того времени основывались на вере в экономический рост и массовое потребление. Большой успех имела работа

американского экономиста и политического теоретика Уолта Уитмена Ростоу «Стадии экономического роста: некоммунистический манифест» (*The Stages of Economic Growth: A non-communist manifesto*, 1960), которая стала классикой нескольких направлений социальных наук.

Согласно стадийной теории Ростоу, общество массового потребления является окончательной целью развития человечества. Через «сдвиг к самообеспечивающему росту» любая страна может запустить процесс экономического роста, который приведет ее к конечной цели – обществу развитого массового потребления. Разные страны могут стать такими же процветающими, демократическими и скучными, какими уже стали США. Когда Ростоу писал свою книгу, США были единственной страной, достигшей пятой стадии – «эры высокого массового потребления». Западная Европа и Япония уже подходили к этой стадии, а Советский Союз, по словам Ростоу, был в нее безответно влюблен. Вот как он описывал общество развитого массового потребления: «Достижение состояния благополучия – это одно из проявлений движения общества за пределы технической зрелости; но именно на этой стадии все больше ресурсов направляется на производство товаров потребления и на распространение услуг в массовом масштабе... Исторически... решающим элементом было массовое производство дешевых автомобилей и его революционное влияние – как социальное, так и экономическое – на жизнь и ожидания общества» (Rostow, 1960, p. 11).

Согласно Ростоу, все страны могут достичь стадии развитого массового потребления. Они, как самолеты, могут взлететь к самообеспечивающему росту. Это можно сделать через импорт идей и капитала и участие в международном разделении труда. Богатые страны являлись естественными союзниками, а не препятствиями в усилиях бедных стран по развитию.

При этом, что вполне обычно для того времени, Ростоу не рассматривал проблемы, связанные с окружающей средой или с пределами роста. Для него экспорт сырья был естественной отправной точкой для получения средств на развитие.

Дух того времени, которое позже называли «золотым веком», «фордизмом» и «эрой нефти, машин и массового потребления», был в значительной степени утрачен в 1970-е гг., но «американский образ жизни» по-прежнему остается желанной целью для многих в мире. Через глобализацию и технологический прогресс все страны пытаются повысить свое благосостоя-

ние. Экономический рост все еще является мериллом успеха на мировом уровне.

## СПРАВЕДЛИВОСТЬ

Поиски справедливости – составляющая всех этических доктрин. И все же одни доктрины распространены больше, другие меньше. Сегодня, возможно впервые в истории, забота о справедливости распространилась на все человечество, а не только на людей какой-то одной национальности или религии. Декларация о правах человека, принятая ООН в 1948 г., знаменует прорыв в поисках глобальной справедливости: обеспечение задекларированных прав для всех своих граждан считается обязанностью каждого из государств-членов ООН. Международное сообщество, через множество международных организаций, постепенно приняло на себя роль защитника всеобщих прав человека и справедливости на глобальном уровне.

Один из способов дать определение справедливости – использовать понятие возможности быть тем или делать то, что для тебя ценно, и увязать это понятие с достаточностью, универсальностью и устойчивостью.

Режим может считаться справедливым настолько, насколько он способствует гармонизации возможностей достижения функционирования на достаточном, всеобщем достижимом и устойчивом уровне (DeMartino, p. 144).

Глобальная справедливость означает, что желаемого уровня можно достичь везде и что его можно сохранять. Таким образом, она имеет как международное, так и межпоколенческое измерение.

Способность людей прожить достойную жизнь зависит от общества в целом – учреждений, культуры и уважения к другим. Можно сказать, что даже сейчас наши индивидуальные возможности формируются глобальной системой – экономически, культурно и экологически. В глубоко несправедливом мире могут существовать справедливые общества.

Поскольку мы живем в мире, где за деньги можно купить практически все и где угодно, распределение доходов является одним из важнейших индикаторов того, насколько справедливым или несправедливым стал мир. За последние 200 лет разница в доходах между континентами выросла до возмутительных масштабов. В начале XIX в. доходы на душу населения в Западной Европе были выше, чем в Африке, втрое. В настоящее время разрыв между Северной Америкой и Африкой вырос до соотношения 20 к 1 (Maddison, 2001).

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Термин *устойчивость* взят из экологии, где он определяется как способность экосистемы поддерживать экологические процессы, функции, биоразнообразие и продуктивность в будущем. Для устойчивости необходимо, чтобы природные ресурсы использовались лишь теми темпами, которыми они возобновляются естественным путем. Сейчас очевидно, что человечество живет неустойчиво, потребляя ограниченные природные ресурсы Земли быстрее, чем природа может их восстановить. Следовательно, устойчивость – это призыв к действию, к объединению усилий людей для удержания использования природных ресурсов в пределах, обеспечиваемых планетой.

Существует множество определений и способов измерения устойчивости, но цель достижения устойчивости в целом превратилась в базовую ценность, сравнимую со свободой или справедливостью.

### ВЫБЕРИ ДВА – ЗАБУДЬ ПРО ТРЕТЬЕ

Этическая трилемма возникает из-за сложности достижения всех трех целей одновременно. Достаточно просто выбрать один из углов и понять, что нужно, чтобы достичь данной конкретной цели. Можно прочесть книги о том, как развивать экономический рост, сократить неравенство или избежать разрушения окру-

жающей среды, но гораздо труднее найти работы, где одновременно рассматриваются все три или хотя бы две из этих целей.

Те отчеты и книги, где рассматриваются две из проблем, часто лишь вскользь упоминают третью. «Глобальные социал-демократы» пытаются найти способы достижения «справедливой глобализации», при которой поддерживается экономический рост, но таким образом, чтобы бедные страны могли «расти» быстрее, чем богатые. Поборники «эко-эффективного капитализма» хотят создать права собственности и рынки для максимально возможного числа экологических услуг – назначить цену окружающей среде; но как при этом те, кто уже беден, будет платить еще больше за «предметы первой необходимости» – пищу, воду, транспорт? «Красно-зеленое» течение, которое добивается одновременно справедливости и экологической устойчивости, скорее примет общество без роста или даже «с обратным ростом» и объявит простой образ жизни единственным выходом из этой трилеммы.

В то время как большинство специалистов по экономике природопользования занимают сторону «эко-эффективного капитализма», специалисты по экологической экономике более расположены к «красно-зеленому планетаризму». И все же глобальной задачей для всех должен стать поиск решений, максимально учитывающих все три угла. Это задача, прежде всего, для экологической экономики.

## THE GLOBAL ETHICAL TRILEMMA

Jan Otto Andersson

*Department of Economics, Åbo Akademi University, Finland*

Ecological economics arose from the need to confront a challenge that humankind had not experienced before. We are now living in a world economy the destiny of which we all share. While producing prosperity on a scale never conceived of before, we have been forced to admit that the threats to the life supporting ecological systems are accumulating at an unprecedented speed. The clash between the economic and the ecological systems has become an elementary fact, not only locally but globally. The need for an approach that can tackle this dilemma in a straightforward way is obvious.

Looking at the ecological problems from a global perspective we cannot abstract from the glaring inequalities between peoples. Some earn and consume much more than others and the question

of how to tackle the ecological challenges therefore had to be linked to the question of how to achieve a more just distribution of the economic opportunities. Ecological economics had to place global equity on its agenda – a task that made it even more demanding, scientifically as well as politically.

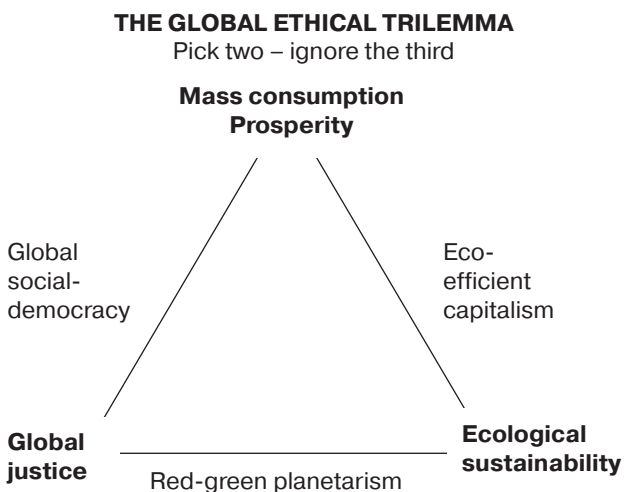
The need for integrating justice into the analysis of the interaction between economy and ecology had become obvious already soon after the publication of the path breaking report *Limits to Growth* in 1972. The message of this Club of Rome publication was that if mankind continued to expand its population and consumption as it had until then it was heading for grave ecological catastrophes in the 21<sup>st</sup> century. There were physical limits to growth and the only way to avoid a catastrophic future was through the reduction of



population growth and the stabilization of industrial production. For many this implied not only a stop to population growth in the poor South, but also reducing industrial growth everywhere.

A group of Latin American researchers wrote a counter-report, *Catastrophe and New Society. A Latin American World Model* (1976), arguing that the majority of humankind already was living in a state of misery, and that for them the crisis was already here. Therefore, economic growth had to be speeded up in the South. The inequities of the world could not be maintained while trying to avoid a future catastrophe that would bring the crisis also to the North.

The Latin American world model – also called the Bariloche-model – pointed to a global ethical trilemma. There are three goals that most of humankind subscribes to – prosperity, justice and sustainability – but to combine the three goals on the global level is a challenge that is hard to confront. Let us discuss this global ethical trilemma with the help of the following figure.



The corners of the triangle correspond to the three components often included in the definitions of sustainable development: the ecological, the economic and the social dimensions. The difficulty to achieve all three on a global level is an enormous challenge for all who see sustainable development as the central political goal of our age. It is this challenge that makes ecological economics so fascinating.

Let us start by looking at each corner separately. We shall then continue to analyse the three sides, each representing an important ideological stance in the world of today.

#### PROSPERITY

Let us take a step back to the “Golden Age” of the 1950s and 1960s. The mood of that time was characterized by the belief in economic growth and

mass consumption. A most influential book was written by the American economist and political theorist Walt Whitman Rostow. *The Stages of Economic Growth: A non-communist manifesto* (1960) became a classic text in several fields of social sciences.

According to Rostow’s stage theory the mass consumption society constitutes the end goal of humanity. Through a “take off into self-sustained growth” each country can start a process of economic growth that will bring it to the final stage – that of a mature mass consumption society. They can become as prosperous, democratic and bored as the United States already had become. When Rostow wrote his book only the US had achieved this fifth stage – “the age of high mass-consumption”. Western Europe and Japan were on the verge of achieving it, and Soviet Union was, according to Rostow, engaged in an unhappy love affair with it. This is how he described the mature mass consumption society: “The emergence of the welfare state is one manifestation of a society’s moving beyond technical maturity; but it is also at this stage that resources tend increasingly to be directed to the production of consumer’s durables and to the diffusion of services on a mass basis... Historically... the decisive element has been the cheap mass automobile with its revolutionary effects – social as well as economic – on the life and expectations of society” (Rostow, 1960, p. 11).

According to the Rostowian world view it is possible for all nations to achieve the stage of mature mass consumption. Like airplanes one after the other they could take off into self-sustained growth. This they could do through imports of ideas and capital and by taking part in the international division of labour. The rich countries were the natural allies – not obstacles – for the poor in their efforts to develop.

However, in line with the mood of his time, Rostow did not treat problems related to the environment or the limits to growth. For him exports of raw materials were the natural starting point for acquiring the means to develop.

The spirit of the that age, which later has been called “the Golden Age”, “fordism” and “the age of oil, cars and mass consumption”, was severely damaged during the 1970s, but still “the American way of life” is a much desired goal all over the world. By means of globalization and new technological advances all nations are striving to enhance their prosperity. Economic growth is still the standard for success globally.

#### JUSTICE

The quest for justice is shared by all ethical doctrines. However, some doctrines are less inclusive than others. Today, probably for the first

time in history, the concern for justice has, however, been extended to all of humankind, not only to those of the same nationality or religion. The human rights declaration adapted by the United Nations in 1948 marks the breakthrough of the quest for global justice, although it still was seen as the duty of every member state to secure these rights to all its citizens. The international community, through a myriad of international organizations, has gradually accepted the role as the defender of universal human rights and justice on a global level.

One way of trying to formulate what justice means is to use the concept of capability – to be or to do what you value – and to link it to sufficiency, universality and sustainability.

A regime will be deemed just if and to the degree that it promotes harmonization of capabilities to achieve functionings at a level that is sufficient, universally attainable and sustainable (DeMartino, p. 144).

Global justice means that the desired level can be achieved everywhere, and that it can be maintained. It therefore has both an international and an intergenerational aspect.

People's capabilities to live a worthy life depend on society as a whole – institutions, culture, and respect for others. We can even say that today our individual capabilities are formed by a global system – economically, culturally and ecologically. There may be just societies in a world that is deeply unjust.

Since we live in a world where money can buy almost anything anywhere, the distribution of incomes is one central indicator of how just or unjust the world has become. In the last 200 years the income differences between the continents has grown outrageously. At the beginning of the 19<sup>th</sup> century incomes per capita were three times higher in Western Europe than in Africa. Today the gap between North America and Africa has grown to 20 to 1 (Maddison, 2001).

## ECOLOGICAL SUSTAINABILITY

The term sustainability has its roots in ecology as the ability of an ecosystem to maintain ecological processes, functions, biodiversity and productivity in the future. To be sustainable, nature's resources must only be used at a rate at which they can be

replenished naturally. There is now clear evidence that humanity is living unsustainably by consuming the Earth's limited natural resources more rapidly than they are being replaced by nature. Consequently sustainability has come to mean a call for action, for a collective human effort to keep human use of natural resources within the Earth's finite resource limits.

We will see that there are many definitions and measures of sustainability, but the aim of attending sustainability has become a fundamental value comparable to liberty or justice.

## PICK TWO – IGNORE THE THIRD

The ethical trilemma derives from the difficulty to achieve all three goals simultaneously. It is relatively easy to pick one of the corners and to find out what would be required to achieve that specific goal. You can read books on how to promote economic growth, how to reduce inequities or how to avoid environmental degradation, but it is much harder to find works that treat all three – even just two – of the goals at the same time.

Those reports and books that treat two of the problems often only make slight lip service to the third. A "global social democrat" tries to find ways to achieve a "fair globalization", in which economic growth is maintained, but in such a way that the poor nations can grow faster than the rich. Those in favour of an "eco-efficient capitalism" wants to create property rights and markets for as many environmental services as possible – to put the right price on the environment – but how are the already poor going to pay more for all the necessities of life – food, water, transport? The "red-green" countercurrent that strives for both justice and ecological sustainability is prone to accept a society with no further growth or even "degrowth" and to extol a simple way of life as the only way out of the trilemma.

Whereas most environmental economists are situated on the side of "eco-efficient capitalism" ecological economists tend to have a penchant towards "red-green planetarism". However, the big task for all is to find solutions that as much as possible take all three corners into account. This is a challenge especially for ecological economics, and that is one reason for us to write this textbook.

# БАЗОВЫЙ ДОХОД С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Ян Отто Андерссон

Отделение экономики, Университет Або Академи, Финляндия

Связь между стремлением к экологической устойчивости и базовым доходом отнюдь не тривиальна. Хотя большинство «зеленых» благосклонно относятся к безусловным универсальным дотациям, аргументация для совмещения экологических аспектов и базового дохода проработана недостаточно тщательно. Интуитивно ощущается противоречие между поддержкой идеи достаточного безусловного базового дохода и требованием экологически приемлемого использования ресурсов нашей окружающей среды. Насколько серьезно это противоречие? Можно ли его преодолеть? Какая схема обеспечения базового дохода будет отвечать требованиям экологической устойчивости?

Сторонники идеи базового дохода выдвигают два аргумента, связанные с занятостью населения и экологией. Первый гласит, что, получая достаточный базовый доход, люди смогут вести ценную и творческую жизнь, даже не имея работы. Тогда обществу не придется развивать экономику просто для того, чтобы обеспечить достаточное количество рабочих мест. Поскольку для удовлетворения материальных потребностей людей экономический рост больше не требуется, основным поводом для продолжающегося роста стало обеспечение полной занятости населения. Чтобы разбить эту «порочную связь» между ростом и безопасностью, и нужен гражданский оклад, или базовый доход (БД).

Второй аргумент состоит в том, что БД даст возможность сократить рабочие часы и выбрать новый образ жизни, разрушив, таким образом, гегемонию продуктивизма и консумеризма. Оба эти аргумента были выдвинуты в 70-е гг. прошлого века Гуннаром Адлер-Карлссоном в работе *Tankar om den fulla sysselsättning* (Размышления о полной занятости) и в датском бестселлере *Revolt from the Center* (Восстание из центра). Однако эти небесспорные работы предполагают наличие некапиталистического, демократически организованного общества, в котором каждый должен вносить свой – пусть небольшой – вклад в социально значимый труд.

В своем трактате *Real Freedom for All* (Настоящая свобода для всех) Филипп Ван Парийс для обоснования БД не использует аргументы, связанные с экологией. Он рассматривает устойчивость схемы базового дохода с точки зрения технологического прогресса и накопления

материального и человеческого капитала, необходимых для нейтрализации эффекта «неизбежного истощения природных ресурсов». Таким образом, он принимает идею слабой экологической устойчивости и исходит из того, что базовый доход создаст дополнительную нагрузку как на экономику, так и на экологию. Ценой настоящей свободы для всех, возможно, станет меньшая экологическая устойчивость.

Иногда предлагалось – и это было отчасти реализовано на Аляске – финансировать базовый доход за счет природной ренты, например на добычу нефти. Однако такая форма финансирования неоднозначна с экологической точки зрения, поскольку люди будут напрямую зависеть от потока доходов, приносимых деятельностью, вызывающей серьезные экологические проблемы. Стремление к реальной свободе вполне может привести к еще большему экологическому следу.

Исходным аргументом в пользу базового дохода, предложенным еще Томасом Пейном, был дефицит земельных ресурсов, и поскольку исчезла возможность выделить каждому достаточный участок плодородной земли для жизни, нужно, вместо этого, выделять некий базовый доход. Подобная же аргументация приводилась и в последнее время, но в связи с дефицитом приличной работы. Ван Парийс рассматривает достойную работу как некий ресурс и предлагает перераспределять «ренту занятости» через схемы БД. Оба эти подхода – это попытка исправить несправедливость, возникающую из-за дефицита желаемого ресурса, но они не используют аргументы, связанные с экологической устойчивостью. Конечно, при недостатке плодородных земель или достойных рабочих мест нужно попытаться увеличить их предложение, но это вполне может привести к усиленной эксплуатации природных ресурсов.

При этом, раз дефицит земли или рабочих мест возникает из-за экологических пределов, можно сделать вывод, что чем ближе мы подходим к этим пределам, тем более оправданным становится введение базового дохода, поскольку мы не можем обеспечить людям возможность получить доход, работая на земле или по найму. Корень же проблемы будет заключаться в перенаселении, и нам придется задать себе неприятный вопрос: как базовый доход повлияет на рост населения?

Герман Дэйли – один из главных поборников стационарной экономики и пионер экологической экономики – отстаивал введение минимального дохода в форме отрицательного налога на доходы, а также продвигал идею ограничения размера состояния и доходов. И минимальные, и максимальные требования он аргументировал соображениями равенства и сообщества, но доводом в пользу введения максимального предела стала еще и необходимость устранить потребность в расширении экономики. «Поскольку нам больше не нужно будет заботиться о росте, на нас уже не будет так давить проблема мотивации» (Daly, Cobb, 1989; Daly, 1992).

Инструментом достижения экологической устойчивости являются налоги, вводимые для сокращения загрязнения и чрезмерного использования природных ресурсов. Однако в мире с высоким уровнем неравенства такие экологические налоги избавят богатых от их экстравагантного образа жизни, а бедные, возможно, не смогут себе позволить даже самое необходимое: воду, пищу, нормальное жилье, повседневный проезд. Часто говорится о том, что «зеленые» налоги надо вводить, чтобы улучшить экологическую обстановку. Возможно, лучше равномерно делить доход между теми, на ком отражается растущая стоимость жизни. Те, кто потребляет или загрязняет выше среднего, должны платить больше, а те, кто потребляет и загрязняет меньше, окажутся в выигрыше. Так как меры, принимаемые для решения экологических проблем, не должны угрожать жизни бедных и уязвимых слоев населения, высокие экологические налоги будут морально и политически приемлемыми только в сочетании с компенсационными выплатами базового дохода. Решение, позволяющее одновременно сократить чрезмерное потребление и улучшить жизненные возможности бедных, лучше, чем схема, направленная только на перераспределение или только на эко-эффективность, без учета справедливости распределения.

Схожую аргументацию недавно представил Марцеллус Эндрюс. Анализируя судьбу бедных в связи с катастрофой в Новом Орлеане, с учетом того, что в странах с либеральной демократией все жизни имеют равную ценность, он говорит о том, что все члены общества достойны защиты от экстремальных погодных рисков. Способствовать соблюдению этого универсального права на защиту должно выделение всем определенного дохода, позволяющего людям справляться с климатическими вызовами. Он поддерживает идею передачи выручки от отчислений за выбросы парниковых газов семьям. Отчисления за выбросы парниковых

газов как таковые представляют собой регрессивный налог, а переадресация этого налога по схеме базового дохода сделает его прогрессивным и, возможно, повысит реальные доходы большинства населения (Andrews, 2008).

Равное выделение переуступаемых прав на использование истощаемых или вызывающих загрязнение ресурсов – например, топлива, воды, рыбных запасов или космоса – напоминает схему БД, финансируемую экологическими налогами. Если такие права будут выделяться на основе равенства, то те, кто потребляет меньше, смогут повысить свои доходы, продавая часть своих прав тем, кто готов платить за право потреблять больше.

Таким образом, существует некое равенство между базовым доходом, финансируемым экологическими налогами, и распределением равных, переуступаемых прав на использование истощаемых ресурсов окружающей среды. В первом случае безусловный денежный доход можно использовать в качестве компенсации за более дорогие товары потребления, чтобы достичь более справедливого распределения. Во втором переуступаемое право на определенные ресурсы можно использовать, чтобы улучшить участь тех, кому придется (или кто «может себе позволить») потреблять меньше. Эти переуступаемые права станут эквивалентом переуступаемого натурального базового дохода, но будут ближе к денежному базовому доходу, чем к натуральному базовому доходу без права переуступки.

Герман Дэйли также поддерживал выдвинутую впервые Кеннетом Боулдингом идею родовых сертификатов с правом переуступки. Объем и распределение прав на рождение детей должны определяться сообществом, чтобы затем это право можно было бы продать/купить на свободном рынке (Daly, 1992). Это предложение напрямую связано с экологической устойчивостью. И все же осуществить его довольно сложно, так как бедные семьи обычно больше, чем богатые. Его легче будет принять в обществе, где доходы распределены более равномерно, чем в современном мире. Поэтому оно должно реализовываться в сочетании с введением базового дохода для всех, чтобы людям не приходилось продавать свое право иметь детей просто для того, чтобы продержаться в экономическом плане.

Еще один сложный вопрос для тех, кто поддерживает идею базового дохода: как регулировать миграцию? Если безусловный и достаточный доход будет введен в нескольких богатых странах, иммиграция в них, вероятно, увеличится. Поскольку образ жизни в богатых



странах предполагает больший экологический след на душу населения, миграция вызовет увеличение воздействия на окружающую среду в глобальном масштабе. Можно надеяться, что миграция улучшит условия жизни в бедных странах и что экологические нарушения, вызываемые бедностью и слишком высокой рождаемостью, сократятся. Однако такой подход сложно обосновать, а значит, можно выступать в поддержку введения базового дохода только по всему миру, а не в отдельных и без того богатых странах. Если думать о глобальной экологической устойчивости, обосновать безусловный базовый доход труднее, но одновременно, как доказывает в своей недавно опубликованной книге Эрик Кристенсен, этически более привлекательно. Идея экологической устойчивости может стать ключом к всестороннему обоснованию введения безусловного базового дохода на всей планете.

Кристенсен выделяет четыре уровня аргументов в пользу базового дохода:

1) История о глобальной устойчивости и хорошей жизни для всех, что подразумевает рав-

ные права на производство экологического следа;

2) Замечательная история о развитии демократии, гражданского общества и благополучия;

3) Пара небольших историй о безработице, клиентализации, неравенстве полов и т. д.;

4) Несколько технических историй об упрощении и рационализации системы трансфертных платежей.

Он считает, весьма оптимистично, что эти истории могут усилить эффект друг друга и что самые всеобъемлющие из них – о стремлении к глобальной устойчивости и справедливости – создают необходимую основу для более узких и технических историй (Christensen, 2008).

Не могу сказать наверняка, прав ли Кристенсен, но без достойного доверия к глобальному обоснованию мы не сможем добиться начала радикальных изменений на национальном уровне. Таким образом, отношение между экологией и базовым доходом оказывается в центре этической дилеммы и идеологических вызовов современности.

## ЛИТЕРАТУРА

**Adler-Karlsson G.** Tankar om den fulla sysselsättningen. Prisma, 1977.

**Andrews M.** Risk, Inequality and the Economics of Disaster. 2008. <http://onthecommons.org> 21.8.

**Christensen E.** The Heretical Political Discourse. Aalborg University Press, 2008.

**Daly H. E.** Steady-state economics. Second edition with new essays. Earthscan, 1992.

**Daly H. E., Cobb J. B.** For the Common Good. Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future. Beacon Press, 1989.

**Meyer N. I., Petersen H., Sorensen V.** Revolt from the Center. Marion Boyars, London, 1981.

**Van Parijs P.** Real Freedom for All. What (if anything) can justify capitalism? Clarendon Press, Oxford, 1995.

## BASIC INCOME FROM AN ECOLOGICAL PERSPECTIVE

Jan Otto Andersson

*Department of Economics, Åbo Akademi University, Finland*

The links between the quest for ecological sustainability and basic income are by no means trivial. Although most Greens have been favorable towards an unconditional universal grant, the arguments for linking ecological concerns and basic income have not been worked out carefully. Intuitively there is a contradiction between soliciting an adequate unconditional basic income and asking for an ecologically acceptable use of our environmental resources. How serious is this contradiction? Can it be overcome? What kind of basic income scheme would be consistent with ecological sustainability?

There are two arguments related to jobs and ecology that have been advanced by supporters of

a basic income. According to the first, people, even if unemployed, can lead a valuable and creative life if they receive an adequate basic income. Then society would not be pressured to boost the economy just in order to guarantee an appropriate supply of jobs. Since economic growth is no longer needed to satisfy people's material needs the most prominent reason for continued growth has become full employment. In order to break this unholy link between growth and security a citizen's wage or BI is needed.

The second argument stresses the enhanced freedom a BI would bring to reduce working hours and to choose new lifestyles, thus breaking with the prevalent productivist and consumerist hegemony.

Both arguments were put forward in the 1970s by Gunnar Adler-Karlsson in *Tankar om den fulla sysselsättning* (Thoughts on Full Employment) and by the Danish bestseller *Revolt from the Center*. However, these provocative texts presupposed a non-capitalist democratically organized society in which all had to contribute their – rather small – share of socially necessary labor.

In his treatise *Real Freedom for All*, Philippe van Parijs does not use ecologically related arguments in favor of a BI. He ponders the sustainability of a basic income scheme in terms of technological progress and the accumulation of physical and human capital, necessary to neutralize the effects of “the unavoidable depletion of natural resources”. That is, he accepts the idea of weak ecological sustainability, and implies that a basic income will impose a heavier burden both on the economy, and on the ecology. The price of real freedom for all might be less ecological sustainability.

It has sometimes been suggested – and it has been partly implemented in Alaska – that a basic income could be financed out of rents from the extraction of natural resources such as oil. This form of financing, however, would be dubious from an ecological point of view, since people would become more directly dependent on an income stream that from an ecological point of view is highly problematic. The quest for real freedom could easily lead to an even heavier ecological footprint.

An early argument for a basic income, presented already by Thomas Paine, was that since land had become scarce, and since it no longer was possible to stake out a proper piece of cropland for everyone to live on, some kind of basic income should be given instead. A similar line of argument has been advanced more recently, but not in terms scarcity of land, but in terms of scarcity of decent jobs. Van Parijs treats decent jobs as assets, and suggests that employment rents should be redistributed through a BI-scheme. Both arguments are trying to make up for an injustice stemming from the scarcity of a desirable asset, but they do not use arguments related to ecological sustainability. If there is a scarcity of arable land or decent jobs, we should of course try to expand the supply, but this could easily increase the exploitation of natural resources.

However, if the scarcity of land or jobs stems from ecological limits, then we could draw the conclusion that the closer we get to these limits the more justified would a basic income become, since we are not able to let people earn their necessary income through farming or wage labor. The root of the problem, however, would be overpopulation and we would have to ask the awkward question: How will a basic income affect population growth?

Herman E. Daly – a leading proponent for steady-state economics and a pioneer of ecological economics – has championed a minimum income in the form a negative income tax, and also advanced the idea of a maximum limit on both wealth and income. His arguments for both a minimum and a maximum were advanced in terms of equity and community, but the maximum limit was also supported by the need to curb the urge to expand the economy. “Since we would no longer be anxious to grow, the whole question of incentives would be less pressing” (Daly, Cobb, 1989; Daly 1992).

An instrument for achieving ecological sustainability is taxes introduced to curb pollution and the overuse of natural resources. In a very unequal world such ecological taxes will, however, absolve the rich from their extravagant life styles, whereas poor people may not be able to afford even the necessities of life: water, food, decent habitation, and daily transports. Often the argument is put forward, that green taxes should be used to improve the environment. A probably better way would be to share this income equally between those who are affected by the rising living costs. Those who consume or pollute more than the average would pay more, whereas those who consume and pollute less would be better off. Since the lives of the poor and vulnerable should not be threatened by measures taken to deal with environmental problems, high ecological taxes would be morally and politically acceptable only if combined with a compensating basic income transfer. A solution that curbs excessive consumption patterns and enhances the life chances of the poor at the same time, is superior to a scheme that either is purely redistributive or purely eco-efficient without regard to distributive justice.

A similar argument was recently presented by Marcellus Andrews. Analyzing the fate of the poor in the New Orleans catastrophe, and considering that in liberal democratic societies all lives are of equal value, he finds that all members of society are worthy of equal protection against extreme weather risks. This universal right to protection would be enhanced by giving all a certain income so that they could cope with climate risks. He supports the idea to recycle the revenues from greenhouse-gas pricing to families. GHG-pricing per se would be a regressive tax, whereas a basic-income type recycling of the tax would make it progressive, and probably boost the real incomes of a majority of the population (Andrews, 2008).

An equal allocation of transferable rights to use scarce or polluting resources – e.g. fuels, water, fish, or space – would resemble a BI-scheme

financed by green taxes. If such rights were allocated on an equal basis, those who consume less would be able to improve their incomes by selling some of their rights to those who are prepared to pay in order to consume more.

Thus, there is a sort of equivalence between a basic income financed by green taxes and the distribution of equal and transferable rights to use scarce environmental resources. In the first case an unconditional money income could be used to compensate for more costly consumption goods in a way that can improve distributive justice. In the second a transferable right to certain resources could be used to improve the lot of those who must (or can "afford" to) consume less. These transferable rights would be the equivalent of a transferable basic income in kind, but they would be closer to a money basic income than to a non-transferable basic income in kind.

Herman E. Daly has also supported the idea – first put forward by Kenneth Boulding – of transferable birth licenses. The scale and distribution of the rights to bear children should be determined by the community, but these rights could then be traded in the free market (Daly, 1992). This proposal is directly concerned with ecological sustainability. It would, however, be quite problematic since poor families are generally larger than rich ones. It would be easier to accept in a society where incomes are more equally distributed than in the world today. Therefore, its introduction should be linked to a basic income for all so that people would not have to sell their rights to have children just to get along economically.

Another difficult topic for supporters of a basic income is how to regulate migration. If an unconditional and adequate income were to be introduced in several rich countries it would probably increase immigration. Since the way of life in the rich countries requires a bigger per capita

ecological footprint migration would imply a stronger ecological impact on a world scale. One could hope that migration can improve living conditions in the poor countries, and that ecological degradation stemming from poverty, as well as too high birth rates, would be reduced. However, this argument is difficult to substantiate, and therefore one can advance an argument in favor of a basic income introduced globally rather than only in the already rich countries. Thinking in terms of global ecological sustainability makes arguing for an unconditional basic income tougher, but at the same time – as Erik Christensen argues in a recently published book – ethically more appealing. The idea of ecological sustainability may act as a clue to a comprehensive narrative in favor of an earth wide unconditional basic income.

Christensen differentiates between four levels in the argumentation for a basic income:

1) A global story about sustainability and a good life for all, implying equal rights to incur ecological footprints;

2) A great story about the development of democracy, citizenship and the welfare state;

3) A couple of small stories about unemployment, clientelisation, gender inequality etc;

4) A number of technical stories about the simplification and rationalization of the system of transfer payments.

He rather optimistically believes that these narratives can strengthen each other, and that the most encompassing – the quest for global sustainability and justice – gives the necessary framework for the smaller and more technical stories (Christensen, 2008).

I am not sure if Christensen is right. But without a credible global story we may not be able to bring about the needed radical changes on the national level. This puts the relationship between ecology and basic income at the center of the ethical dilemmas and ideological challenges of today.

## REFERENCES

- Adler-Karlsson G.** Tankar om den fulla sysselsättningen. Prisma, 1977.
- Andrews M.** Risk, Inequality and the Economics of Disaster. 2008. <http://onthecommons.org> 21.8.
- Christensen E.** The Heretical Political Discourse. Aalborg University Press, 2008.
- Daly H. E.** Steady-state economics. Second edition with new essays. Earthscan, 1992.
- Daly H. E., Cobb J. B.** For the Common Good. Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future. Beacon Press, 1989.
- Meyer N. I., Petersen H., Sorensen V.** Revolt from the Center. Marion Boyars, London, 1981.
- Van Parijs P.** Real Freedom for All. What (if anything) can justify capitalism? Clarendon Press, Oxford, 1995.

# МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ С СОВРЕМЕННОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Людмила Бабак

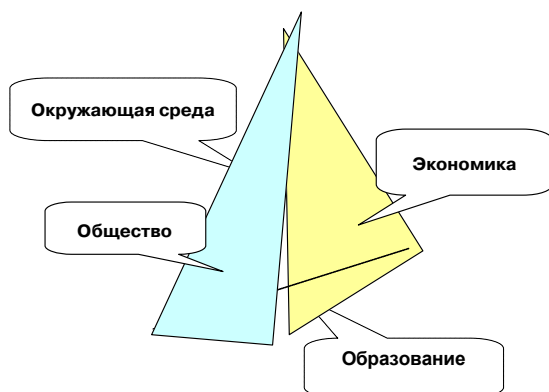
Университет Уппсала, Швеция

## ВВЕДЕНИЕ: УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ОБУЧЕНИЕ

Почему мы говорим об образовании при обсуждении устойчивого развития? Рассматривая устойчивое развитие, многие останавливаются на экологическом аспекте, оставляя экономику и общество в стороне. Однако важно помнить, что концепция устойчивого развития состоит из трех компонентов, которые представлены на следующей схеме.



Образование является важнейшим фактором, который влияет на общество. Джон Дьюи, известный прогрессивный педагог, считал, что образование является одним из основных методов социального прогресса и реформ (Bowen, Hobson, 1974). Если мы хотим изменить общество, мы должны начать с образования. Если мы хотим построить устойчиво-развитое общество, следует включить образование в концепцию устойчивого развития. Профессор Майкл Сколос, занимающийся вопросами образования для устойчивого развития, представляет концепцию устойчивого развития в виде пирамиды, в основе которой лежит образование и которая выглядит следующим образом (Scoullas, Malotidi, 2004, p. 21):



В современной образовательной системе существует концепция *Образование для устойчивого развития*, которая касается не только окружающей среды и экологии. Идея заключается в том, что содержание и формы образования должны измениться так, что устойчивое развитие станет единственной альтернативой для будущих поколений. Концепция Образования для устойчивого включает в себя междисциплинарный и комплексный подход, связь местных проблем с глобальным контекстом и т. д. Однако эта статья будет посвящена чисто педагогическим проблемам, таким, как развитие критического мышления и обучение решению проблем, использование разнообразных методов обучения.

## ТЕОРИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Дискуссию о различных методах обучения следует начать с разговора о теориях образования. Понимание всего процесса образования, механизмов обучения и преподавания зависит от теории, положенной в основу.

Сегодня наиболее распространенный подход к теориям образования противопоставляет теорию трансформации конструктивистской теории и на основе данных теорий определяет модели образования. Тем не менее в настоящее время как в западной, так и в восточной педагогической науке многие преподаватели все еще считают, что основной способ обучения – это прямая передача знаний от преподавателя к студенту. Именно поэтому лекции являются основной формой обучения, а письменные и устные экзамены – основной формой проверки и оценки знаний. Запоминание, а не понимание необходимо для достижения результата. Вознаграждения или наказания – основа мотивации студентов. Отправной точкой теории трансформации считается представление о том, что знания о мире являются статическими и фиксированными и должны быть приняты как нечто само собой разумеющееся. Таким образом, учитель передает знания и понятия, накопленные в течение столетий. Эта модель образования называется модель «передачи».

Конструктивистская теория, широко пропагандируемая в западном образовании, исходит из положения о том, что знания активно конструируются человеческим разумом. Новые зна-



ния строятся на основе уже имеющихся знаний и идей. Главная цель образования с точки зрения этой теории – развитие у учащихся способности мыслить. Дэвид Перкинс различает два понятия: глубокое и поверхностное понимание (Feden, Vogel, 2003, р. 13). Он утверждает, что в результате поверхностного изучения возникают знания, которые могут быть легко забыты, в то время как «глубокое понимание связано с уже имеющимися знаниями. И мы не только накапливаем знания, но способны понимать и применять их по мере необходимости» (р. 14). Следовательно, под определением конструктивистской педагогики понимается «создание в классе условий, организация деятельности и использование методов, которые основаны на конструктивистской теории обучения, а также постановка целей, которые направлены на развитие студентов, их глубокое понимание предмета, а также на развитие мышления, которое необходимо для будущего обучения» (Richardson, 2003, р. 1627).

Аналогичные идеи представлены Джоном Биггсом и Кэтрин Тан в книге «Teaching for quality learning at university: What the student does» («Преподавание для качественного обучения в университете: Что делают студенты», 2007). Кроме обсуждения вопросов о поверхностных и глубоких подходах к обучению (р. 22–29), Биггс и Тан большое внимание уделяют образованию в целом. Они считают, в сфере образования должны произойти изменения, которые бы поставили студента в центр этой сферы. Основной вопрос, которым следует задаваться при рассмотрении образования, заключается не в том *Что делает учитель/преподаватель?*, а в том *Что делает студент/учащийся?* В соответствии с этим авторы описывают не методы преподавания, а совместную деятельность обучающего и обучаемого (англ. Teaching/Learning Activities). Preston D. Feden и Robert M. Vogel в книге «Methods of teaching...» («Методы преподавания...», 2003) сравнивают две теории (р. 35):

Традиционная поведенческая теория	Современная когнитивная теория
Обучение – это накопление информации и навыков	Обучение представляет собой целостный процесс, гораздо больше, чем накопление информации
Учитель может передать знания непосредственно учащимся	Обучающийся активно конструирует свои знания и понимание
Обучение проходит во время взаимодействия преподавателя и учащегося	Обучение является социальным процессом и предполагает сотрудничество
Особое внимание уделяется преподаванию	Особое внимание уделяется обеспечению обучения

Пол Рамсден (Ramsden, 2003) предлагает следующую классификацию для описания роли преподавания в университетском образовании: 1) преподавание как передача информации, 2) преподавание как организация деятельности студентов, 3) преподавание как обеспечение обучения (изучения).

## ТИПЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Существуют различные типы преподавателей, их работа основана на разных теориях, они используют различные методы и стили и т. д. J. Biggs, C. Tang (2007, р. 16–19) определяют три уровня преподавателей в зависимости от направления их деятельности:

### Уровень 1: Что представляет собой студент

В первую очередь преподаватель делает различие между студентами: есть хорошие и плохие. Важнейшая задача преподавателя – знать материал и донести его до студентов. Обязанность студентов – посещать лекции, внимательно слушать, делать записи, читать литературу и т. д. Способности студентов являются основным фактором. Учебная программа представляет собой перечень предметов и тем, излагаемых преподавателями, а затем повторяемых студентами. Если студенты не учатся, это полностью их вина.

### Уровень 2: Что делает преподаватель

Преподаватели этого уровня сосредоточены на том, что они делают. Эта точка зрения на преподавание по-прежнему основывается на передаче знаний. Преподаватель ответствен за то, чтобы донести знания до студентов. Задача преподавателя найти более эффективные способы и методы обучения. Обучение зависит от того, насколько хорош учитель. И если студенты не учатся, это полностью его вина.

### Уровень 3: Что делает студент

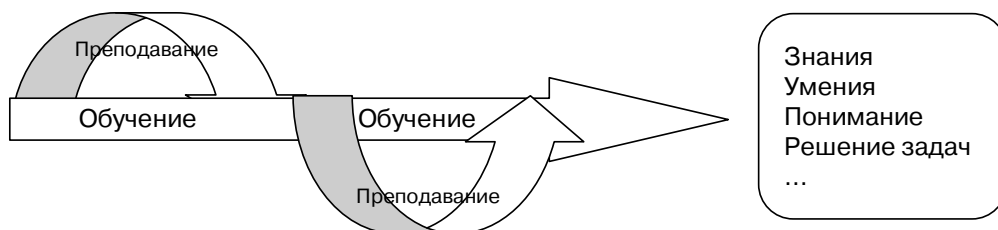
Третий уровень представляет собой модель, которая ориентирована на студента. Поэтому главная задача преподавателя заключается в обеспечении и поддержке обучения/учения. Преподаватель в своей работе должен исходить из того, что делать студентам, чтобы добиться необходимого результата. Преподаватель должен задаваться вопросом, понимают ли студенты, и находить способы, способствующие повышению уровня понимания. Иными словами, преподавание должно стимулировать обучение.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРЕПОДАВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ

Принимая во внимание третий уровень, на котором *преподавание* должно обеспечивать и стимулировать *обучение*, можно сделать вывод о том, что эти два процесса тесно взаимосвязаны. Поэтому некоторые источники, а именно

J. Biggs, C. Tang (2007, p. 55–57), рассматривают не методы преподавания и методы обучения отдельно, а вводят комплексное понятие *Teaching/Learning Activities*, которое обозначает совместную деятельность обучающего и обучаемого.

Основная идея представленной схемы заключается в том, что процесс преподавания должен принимать во внимание обучение.



## ПОВЕРХНОСТНЫЙ И ГЛУБОКИЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ

После обсуждения подхода преподавателей к их деятельности следует обратиться к студентам и их отношению к обучению. Можно выделить два основных подхода:

**А. Поверхностный подход.** Главная особенность этого подхода заключается в том, что желание студентов – это желание справиться с задачами курса, прилагая минимальные усилия. Запоминание и воспроизведение фактов зачастую выдается за понимание, которое, в сущности, так и не происходит. По словам J. Biggs, C. Tang (2007, p. 23), существуют некоторые факторы, которые стимулируют применение студентами такого подхода:

- Желание получить зачет минимальными усилиями. Такое отношение может возникнуть, например, при изучении предмета, не имеющего отношения к основной программе обучения.
- Ненаучные приоритеты, превышающие научные.
- Недостаточное время; слишком большие нагрузки.
- Неправильное понимание требований курса или программы в целом.
- Циничное отношение к образованию.
- Неспособность понимать конкретное содержание на глубинном уровне.

В своей книге J. Biggs, C. Tang утверждают: «Первый шаг для улучшения преподавания – это избегание факторов, которые стимулируют поверхностный подход к обучению» (p. 24). Целесообразно перечислить факторы, которые следует избегать:

- Избирательное преподавание (материал излагается частично, внутренняя структура темы или вопроса теряется).

- Контроль и оценка независимых фактов, а не комплекса знаний и умений (экзамены или тесты, направленные на воспроизведение материала).

- Преподавание, поощряющее цинизм (например, утверждение: «Я не люблю преподавания этого скучного раздела, но мы должны пройти эту тему»).

- Недостаточное время для выполнения задания.

- Ожидаемый результат занижен («Это слишком трудно, вы все равно не справитесь») (p. 23–24).

**В. Глубокий подход.** Глубокий подход к обучению характеризуется желанием студента понять и решить задачу. При понимании и активном решении задач задействуются когнитивные процессы высокого уровня. Студенты заинтересованы и мотивированы. Когда студенты ощущают потребность в знании, они автоматически пытаются сосредоточиться на значениях, основных идеях, принципах и т. д. Применение этого подхода стимулируют следующие факторы:

- Намерение решать задачу с пониманием и надлежащим образом. Такое намерение может возникнуть из любопытства или от решимости преуспевать.
- Соответствующие базовые знания.
- Предпочтение и способности для работы на концептуальном уровне, а не на уровне деталей (Biggs, Tang, 2007, p. 24–25).

Несомненно, следует обратить внимание на факторы, которые стимулируют глубокий подход студентов к обучению.

- Преподавание темы или вопроса с структурной позиции.
- Преподавание для получения ответной реакции студентов, например, путем опроса, рассмотрения проблемы.

- Преподавание, основанное на имеющихся у студентов знаниях.
- Устранение заблуждений студентов.
- Оценка всей структуры знаний, а не отдельных фактов.
- Преподавание и оценка, которые поощряют позитивную рабочую атмосферу: студенты могут делать ошибки и учиться на них.
- Преподавание, подчеркивающее глубину изучения, а не широту охвата учебного материала.
- Использование методов преподавания и оценки, направленных на достижение четко намеченных целей и результатов курса или программы (Biggs, Tang, 2007, p. 25).

### ЧЕМУ МЫ УЧИМ И ЧТО ОЦЕНИВАЕМ: УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ

Таксономия Блума



В 1956 г. Бенджамин Блум возглавлял группу психологов, которая разработала классификацию уровней интеллектуального поведения, весьма важную в обучении с современной педагогической позиции. Блум обнаружил, что около 95% вопросов в тестах, с которыми сталкиваются студенты, построены так, что студенты задействуют наиболее низкий уровень интеллектуального поведения, а именно: воспроизводят информацию.

«Блум выделил шесть уровней в рамках когнитивного домена: от простого запоминания или узнавания фактов, как самого низкого уровня, к более сложным и абстрактным ментальным уровням, наивысший из которых классифицируется как оценка» (<http://www.officeport.com/edu/blooms.htm>).

J. Biggs, C. Tang (2007, p. 72) различают декларативные (описательные) и функциональные знания. Они определяют декларативные знания как знания о вещах. Это общие знания, которые можно проверить и воспроизвести. Это, собственно, те знания, которые можно почерпнуть из книг, лекций и т. д. Основное в определении

функциональных знаний – то, что они используются в деятельности и основываются на понимании. Как утверждают J. Biggs, C. Tang, это знания, которые возникают в пределах опыта учащихся. Другими словами, это декларативные знания, применяемые на практике, в работе, т. е. при решении проблем, проектировании строительства, планировании обучения или проведении операций (2007, p. 72).

Цели и виды деятельности в процессе обучения зависят от того, какого рода знаниями мы бы хотели снабдить студентов.

### ЦЕЛИ ИЛИ ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Принимая во внимание, что преподавание и обучение являются двумя взаимосвязанными процессами, основной задачей преподавателя становится учебный процесс. В соответствии с изложенными теориями о различных уровнях знаний, следует также обратить внимание на подход к постановке целей преподавания/обучения. В современной педагогической науке появляется новая концепция: *результаты обучения*. J. Biggs, C. Tang вводят термин *предполагаемые результаты обучения* (Intended Learning Outcomes). Эта концепция призвана еще раз подчеркнуть, что главное – это не преподавание, а обучение (учение), т. е. действия, выполняемые непосредственно студентами. Таким образом, результаты обучения формулируются в терминах, выражающих то, что студенты должны знать, понимать, применять и уметь делать по окончании определенного периода обучения. Результаты обучения формулируются после того, как определяется уровень знаний, который следует достичь. Далее представлены глаголы, которые могут быть полезны при формулировке предполагаемых результатов обучения.

**Уровень знаний:** организовать, упорядочить, определить, повторить, назвать, поставить по порядку, запомнить, выявить, воспроизвести.

**Уровень понимания:** описать, обсудить, объяснить, выразить, определить, указать, отнести, признать, сделать обзор, выбрать, перевести.

**Уровень применения:** применить, выбрать, продемонстрировать, проиллюстрировать, интерпретировать, применить на практике, решить, использовать, написать.

**Уровень анализа:** анализировать, оценивать, вычислять, классифицировать, сравнивать, противопоставить, проанализировать, различать, изучать, экспериментировать, задать вопрос, протестировать.

**Уровень обобщения/синтеза:** организовывать, собрать, составить, противопоставить,

создать, проектировать, разработать, развить, формулировать, управлять, планировать, подготавливать, предлагать.

**Уровень оценки:** оценивать, оспаривать, утверждать, выбрать, сравнивать, отстаивать, предсказывать, отбирать, поддерживать (<http://www.officeport.com/edu/blooms.htm>).

Кроме того, в соответствии с Европейской системой перевода и накопления очков (European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)), принятой большинством стран, участвующих в Болонском процессе, цели курса, включенные в официальный информационный документ, должны быть сформулированы как результаты обучения.

Пример: *Общие цели высшего образования в Швеции в соответствии с циклами образования.*

В соответствии с Болонским процессом высшее образование состоит из трех циклов: бакалаврат, магистратура и докторантура. Приведем цитату из Закона о высшем образовании Швеции (глава 1, раздел 8, от 1 января 2007 г.):

«Раздел 8. Первый уровень образования должен опираться на знания, которые студенты приобретают в старших классах средней школы в соответствии с национальной или специально разработанной программой, или соответствующие данным знания. Первый уровень образования должен развивать у студентов способность делать самостоятельную и критическую оценку,

способность самостоятельно воспринимать, формулировать и решать проблемы, а также обеспечить готовность справляться с изменениями в трудовой жизни.

Раздел 9. Второй уровень образования должен основываться на знаниях, которые студенты приобретают в ходе первого уровня образования, или соответствующих знаниях. Второй уровень образования должен включать углубление знаний, навыков и способностей, полученных на первом уровне. В дополнение к тому, что относится к первой ступени образования, второй уровень должен способствовать дальнейшему развитию способности студентов самостоятельно интегрировать и использовать знания, работать со сложными явлениями, проблемами и ситуациями, а также развитию потенциала студентов для профессиональной или научно-исследовательской деятельности, которая требует независимости мышления».

#### «ХОРОШЕЕ ПРЕПОДАВАНИЕ» И КАК ЭТОГО ДОСТИЧЬ

Начнем разговор о хорошем преподавании с качеств преподавателя или учителя: во-первых, как эти качества определяют сами преподаватели и, во-вторых, что думают студенты о хорошем преподавателе. Качества хорошего учителя/преподавателя определяются примерно так:

По мнению учителей:

- Энтузиазм
- Знания
- Четкие цели
- Обратная связь
- Доброта
- Доступность
- Разнообразие в преподавании
- Честность, объективность

По мнению студентов:

- Энтузиазм
- Знания
- Педагогический подход
- Честность, объективность
- Открытость в общении со студентами
- Уровень преподавания, адаптированный к уровню знаний студентов
- Разнообразие в преподавании

(Источник: Петер Рейнхольдсон. Курс лекций в Уппсальском университете.)

Теперь давайте более внимательно рассмотрим преподавание. Некоторые факторы являются неотъемлемой частью учебного процесса и делают обучение успешным. В дальнейшем мы рассмотрим следующие вопросы:

- Социально-психологический климат
- Мотивация
- Рефлексивное преподавание
- Активация студентов

**Социально-психологический климат.** Во время формального и неформального взаимодействия с учащимися/студентами учитель/преподаватель создает атмосферу, которая оп-

ределяет, как студенты чувствуют себя в процессе обучения, – *teaching/learning climate*. Это так называемый *климат учебного процесса*, который, безусловно, влияет на то, как учатся студенты. Так, Дуглас Мак Гергор (1960) описал Теорию X и Теорию Y относительно климата в менеджменте. J. Biggs, C. Tang (2007, p. 37–39) применили эту теорию к образованию. Согласно *теории X*, студентам не следует доверять, они в принципе не хотят учиться и будут пытаться обмануть при первой возможности. Студентам следует четко пояснять, что нужно делать и учить, посещаемость должна проверяться на



каждой лекции, за ходом экзамена следует внимательно следить. Такой климат вызывает негативные чувства как у преподавателя, так и у студентов и как следствие является причиной поверхностного обучения. Согласно теории Y, студенты достигают наилучших результатов, когда они имеют свободу и возможность высказывать свои собственные суждения. Посещение лекций не обязательно. Активно применяются такие формы, как домашние экзамены и оценка сверстников. Следствием создания климата, согласно теории Y, является глубокий подход студентов к обучению/изучению и хорошие результаты.

На практике климат в классе или аудитории тяготеет к одной из теорий, представленных здесь в чистом виде. Баланс доверия и риска должен лежать в основе подхода к климату учебного процесса.

*Мотивация* является важным аспектом как для студентов, так и для преподавателей. Нет студентов, у которых нет мотивации: все студенты хотят достичь чего-либо. Поэтому задача учителя состоит в том, чтобы заинтересовать учащихся. По мнению J. Biggs, C. Tang (2007, p. 32), два фактора влияют на то, что студенты или кто-либо в принципе заинтересованы в выполнении какой-либо работы или осуществлении какого-либо вида деятельности:

- 1) то, что учащиеся делают, является важным, т. е. имеет определенную ценность;

- 2) учащиеся должны верить в успех и достижение цели во время выполнения задачи.

Это очевидное утверждение доказано научными теориями мотивации. Вот стандартные примеры ошибок, которые допускаются преподавателями: «Этот раздел не является важной частью курса, но мы все равно должны пройти этот материал» или «Эта часть курса является довольно сложной, но студенты университета должны справиться. Высшее образование не для тех, кто не понимает». Комментируя результаты и оценки, преподаватель должен взвешивать и продумывать то, что он имеет в виду.

Сравните замечания преподавателя, данные студенту, который справился с заданием: «Ты хорошо разобрался в этой теме, не так ли?» и «Ну, на этот раз тебе повезло». Студент, который не справился с заданием, получил следующие комментарии: «Это было трудное задание, но если ты приложишь немного больше усилий, все получится правильно» или «Как всегда, ты не сделал того, что требовалось для решения». Давая негативную оценку, мы «убиваем» интерес и мотивацию. Так что ключ к мотивации заключается в том, чтобы не лишать студентов уверенности в себе, а показать, что учеба и на-

учная деятельность являются значимыми и полезными. Другой важный аспект заключается в том, что учитель сам должен быть мотивированным, с тем чтобы передать это чувство студентам. Если преподаватель считает предмет скучным и преподает его без энтузиазма, студенты никогда не заинтересуются, никогда не будут мотивированы изучать этот предмет или вопрос.

*Рефлексивное преподавание* (от англ. reflective – склонный к размышлению, анализу, рефлексии) заключается в том, что преподаватель постоянно задумывается о том, как улучшить свою работу. Одними из основных характеристик, определяющих «хорошего учителя», по мнению студентов, являются объективность, знания и разнообразие методов преподавания. Преподаватель должен постоянно анализировать свою деятельность. При возникновении проблем со студентами не следует винить только их: нужно подумать о том, что может быть причиной этих проблем. Преподавание – это индивидуальная работа, и каждый учитель должен вырабатывать собственные решения, принимая во внимание специфику предмета, уровень студентов и т. п. Интересный факт: во всех западных университетах студенты оценивают преподавание и содержание курса по его окончании. Студенты должны оценить курс (структуру, объем работы, содержания и т. д.) и преподавателя (его/ее уровень подготовки, навыки общения и др.). Результаты оценки, как правило, учитываются заведующим кафедрой или деканом и могут оказывать влияние на занятость преподавателя на данной кафедре.

Современный преподаватель университета должен отказываться от так называемой «традиционной точки зрения» на свою работу, выражающейся примерно следующей формулировкой: «Я вычитал все лекции, дал все необходимые инструкции студентам, они имеют книги, и это не мое дело, каким образом они будут готовы к экзамену». То, о чем мы говорим сейчас, это подход, ориентированный на студента, в котором отправной точкой является вопрос: «Что делают студенты и как они учатся?», т. е. как проходит процесс учения. Ответственность преподавателя, следовательно, заключается в том, чтобы сделать этот процесс более эффективным, путем активизации обучения студентов.

*Активизация.* Как активизировать студентов? Частично мы ответили на этот вопрос: мотивировать, показать ценность и важность того, что они делают, поставить четкие цели и т. д. Еще один ключевой фактор – это заставить их понять то, что они изучают, и научить применять знания на практике.

«Скажи им, и они забудут.  
Покажи им, и они будут помнить.  
Заставь их делать, и они поймут».

Поэтому задача преподавателя состоит в том, чтобы выбирать оптимальные методы для активизации студентов и для достижения целей курса.

Следующий перечень объединяет методы преподавания и виды учебной деятельности:

- Лекция
- Семинар
- Групповое обсуждение
- Работа в группе/команде
- Экскурсия
- Лабораторная работа

Некоторые методы по-прежнему определяются как новаторские. К этой группе могут быть отнесены следующие методы:

- Проектная работа
- Обучение на основе практических примеров (Case-study method)
- Проблемно-ориентированное обучение
- Обучение сверстников (Peer tutorial/teaching)
- Игры-симуляции
- Ролевая игра
- Дистанционное обучение

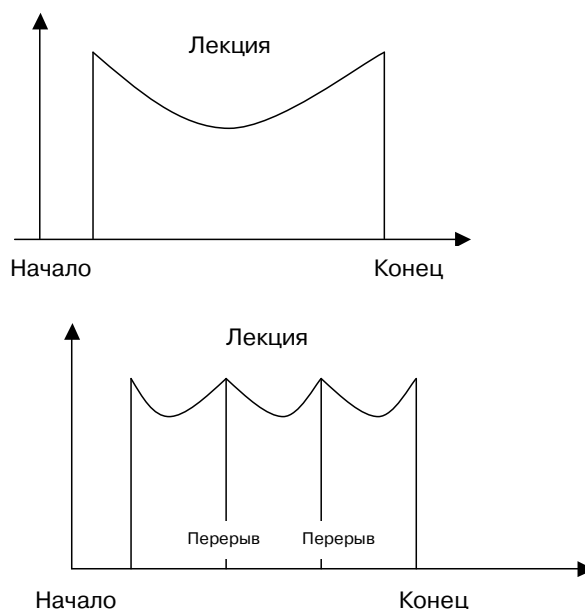
Нельзя утверждать, что некоторые методы лучше, чем другие, и что мы должны исключить, к примеру, все лекции и заменить их семинарами. В первую очередь, преподаватель должен найти оптимальный набор методов, который будет соответствовать целям курса. И самое главное, всегда помнить, что активное обучение является более эффективным, чем пассивное.

Давайте рассмотрим более подробно эффективность некоторых методов.

### Лекция

Иногда в современной западной педагогике лекции воспринимаются как устаревший метод, соответствующий модели прямой передачи знаний. Почему преподаватель должен читать лекции, если студенты могут прочитать необходимую литературу сами? Более того, процесс чтения соответствует психологическому темпу студентов, темп лекции соответствует темпу преподавателя. Тем не менее, в силу различных причин, лекция по-прежнему остается основной формой университетского образования. Почему следует сохранять лекцию как форму обучения? Лекция необходима для введения в новый курс или раздел, для разъяснения ключевых концепций или презентации новых исследовательских данных. Кроме того, хорошо подготовленная лекция способна пробудить интерес студентов к вопросу или теме. Как мы

можем улучшить лекции, сделать их более эффективными? Это можно сделать путем включения в лекцию элементов *демонстрации, драматизации*, а также чередования собственно лекции с *небольшими письменными упражнениями, групповыми или парными обсуждениями*. Представленная схема поясняет, почему важно изменять ход лекции:



По данным исследования памяти, человек, как правило, запоминает лучше информацию, представленную в начале и конце презентации, прочитанного текста, увиденной программы и т. д. Вот почему в целях улучшения результатов усвоения учебного материала следует делать несколько перерывов в ходе лекции. Это может быть перемена, когда студенты могут выйти из класса. Или же можно прервать лекцию на несколько минут, используя один из предлагаемых методов активизации (*небольшие письменные упражнения, групповые или парные обсуждения*).

Психологи утверждают, что для того чтобы активизировать студентов, следует использовать более разнообразные методы. Согласно исследованиям в данной области, большинство людей воспринимают/запоминают/понимают

- 10% из того, что они читают
- 20% из того, что они слышат
- 30% из того, что они видят
- 50% из того, что они видят и слышат
- 70% из того, о чем они говорят с другими
- 80% из того, что они используют и применяют
- 95% из того, чему они учат других

(Источник: Уильям Глассер, цит. по: Biggs, Tang, 2007, p. 96).

### Обучение сверстников (Peer tutorial/teaching)

Как мы видим, человек запоминает и понимает больше, когда объясняет материал кому-либо. Это веский аргумент в пользу использования метода обучения равными по статусу сверстниками. Этот метод может применяться как в больших, так и в малых группах. Задача подготовить учебный момент может быть индивидуальной или групповой. Такому методу может быть отведено отдельное занятие, когда студентам предоставляется возможность выступить в роли преподавателей. Возможно также включать короткие выступления студентов во время регулярных занятий. Существуют некоторые правила проведения обучения равными по статусу:

- преподаватель должен предоставить информацию или указать источники, так как он несет ответственность за качество и достоверность учебного материала;
- преподаватель должен проверить содержание учебных моментов, подготовленных студентами, однако дать возможность студентам представить тему/проблему со своей точки зрения;
- после учебного момента, проведенного студентами, преподаватель должен дать свой отзыв, а также попросить других учащихся прокомментировать занятие.

### Обучение на основе практических примеров (Case-based learning)

Метод обучения на основе практических примеров может быть представлен в двух вариантах. Первый, когда студенты изучают примеры/дела/проблемы, взятые из реальной действительности. Такие примеры/проблемы могут применяться для иллюстрации отдельной темы или же могут быть отобраны для каждой темы, включенной в курс. Цель второго варианта использования обучения на основе прецедентов – научить студентов применять знания в реальной действительности. Иными словами, студентам дается возможная проблема/дело, и они должны найти решение путем применения полученных знаний. Обучение на основе практических примеров (кейсов) способствует выработке аналитических навыков и навыков решения проблем, а также позволяет учащимся применять новые знания и навыки на практике.

### Групповая работа

В реальной жизни люди не работают сами по себе, и редко принимают решения самостоятельно. Именно поэтому работа в группах является важным и необходимым методом обуче-

ния. В групповой работе студенты конкретизируют уже известное содержание и продумывают выводы и решения. Они учатся распределять задачи, сотрудничать и принимать общие решения, а также нести общую ответственность за конечный результат. Групповая работа может использоваться для решения небольших задач в классе, так же как и домашних заданий значительного объема. Существует множество примеров организации работы в группе:

- во время лекции или семинара организовываются небольшие группы или пары в основном для краткого обсуждения;
- члены группы получают индивидуальные задания, а затем собираются в целях решения основной задачи;
- члены группы получают индивидуальные задачи (возможно противоречащие друг другу) и общие задания, в том числе дебаты. В результате группа должна прийти к общему заключению и доложить решение остальным членам группы или класса.

Существует и такая форма групповой работы, как спонтанное сотрудничество. Преподаватель не имеет возможности влиять на содержание и форму данной работы. Однако эта форма широко используется, например, шведскими студентами. Они, как правило, работают в группах в течение курса и особенно в экзаменационные периоды, с тем чтобы помогать друг другу понять учебный материал, обмениваться информацией, обсуждать различные точки зрения.

### Проблемно-ориентированное обучение

Проблемно-ориентированное обучение является одним из наиболее важных достижений в современной системе образования. Оно основывается на предположении о том, что лица, заинтересованные в решении проблемы, будут искать информацию и другие прикладные знания, необходимые для решения этой проблемы. Однако проблемно-ориентированный подход не означает, что преподаватель просто ожидает решения проблем от студентов. Преподаватель должен следить за индивидуальным прогрессом каждой группы, помогать устранять заблуждения, а также увидеть правильное направление для решения проблемы.

Немаловажную роль в активизации процесса обучения играют такие методы, как игры и имитации. Игры одновременно обучают и вызывают интерес к обучению. Многие игры являются имитациями реальных ситуаций, например деловые игры, игры, имитирующие международные отношения. Описывая игры и

имитации, МакКинчи (McKeachie, Svinicki, 2006, р. 225–226) утверждает, что «главное преимущество игры или имитации заключается в том, что студенты являются активными участниками, а не пассивными наблюдателями. Студенты должны принимать решения, решать проблемы и реагировать на результаты своих решений». Одним из недостатков метода игр является их техническое обеспечение. Сложно найти игру, которая полностью подходила бы к предмету или вопросу. Процесс разработки собственной игры может быть довольно трудоемким.

Проектная работа является еще одним методом, который сближает обучение и реальную действительность. Проекты, как правило, основаны на реальных случаях, связанных с повседневной профессиональной деятельностью. Проект организуется и осуществляется группой студентов. Каждый студент получает определенную роль и функции, задачи по выполнению проекта распределяются между членами группы. Менеджмент, или управление проектом, является неотъемлемой частью: следование четкому структурному плану и срокам выполнения задач, распределение функций – все является важным для достижения результата.

#### Оценка

Оценка играет важную роль в образовательном процессе. Существуют две основные формы оценки – определяюще-формирующая и итоговая. Первая форма необходима для поддержки обратной связи со студентами в ходе обучения. Преподаватели и студенты должны знать, каким образом проходит обучение и иметь возможность корректировать процесс. Вторая форма используется для оценки результата обучения и выставления баллов в конце курса или программы.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Biggs J., Tang C.** Teaching for quality learning at university: What the student does. Open University Press, 2007.

**Bowen J., Hobson P. R.** Main Features in Dewey's Educational Thought. Theories of education: studies of significant innovation in Western educational thought. Sydney: Wiley, 1974. P. 164–175.

**Common teaching methods** Revised by Pat McCarthy from «Getting the Most out of Your AIDS/HIV Training», 1992 (retrieved from <http://honolulu.hawaii.edu/intranet/committees/FacDevCom/guidebk/teachtip/comteach.htm>).

В педагогических источниках уделяется много внимания формирующей оценке (обратной связи). Она является также одним из эффективных методов учебной деятельности, который помогает обнаружить ошибки в понимании студентов и исправить их. Такая оценка не влияет на результат в конце курса и поэтому не вызывает страха или тревоги у студентов.

Льюис Элтон (1987) определил, что оценка в целом имеет некоторые негативные последствия (Biggs, Tang, 2007, р. 169). По его словам, студенты в основном концентрируются на тех аспектах и вопросах, по которым они будут оцениваться. Иными словами, они учат то, о чем их спросят на экзамене. Поэтому чрезвычайно важно согласовать требования к экзамену с целями и содержанием курса, т. е. таким образом сформулировать контрольные или экзаменационные задания, чтобы они отражали цели, поставленные перед курсом. Важнейший аспект, о котором преподаватель должен помнить, – это оценка различных уровней знания.

\* \* \*

Подводя итог, необходимо сказать, что нет единого метода, который является совершенным и подходит ко всем учебным ситуациям. Наоборот, более результативным является выбор подходящих методов и вариативность в процессе обучения. Оптимальный метод должен быть подобран для каждой учебной ситуации. Изменяя взгляд на теорию, лежащую в основе обучения, преподаватель должен постоянно помнить, что обучение/учение (learning) – это основной процесс, студент/учащийся – это центральная фигура в образовании. А основная функция учителя заключается не в передаче знаний, а создании условий для их формирования.

**Feden Preston D., Vogel Robert M.** Methods of teaching: applying cognitive science to promote student learning. Boston: McGraw-Hill, 2003.

**McKeachie J. W., Svinicki M.** Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers. Houghton Mifflin Company, 2006.

**Ramsden P.** Learning to teach in Higher Education. Routledge Falmer, 2003.

**Richardson V.** Constructivist Pedagogy in Teachers College Record, 2003.

**Scoullios M. J., Malotidi V.** Handbook on Methods used in Environmental education and Education for Sustainable Development. Athens, 2004.



# METHODS OF TEACHING FROM THE MODERN PEDAGOGICAL PERSPECTIVE

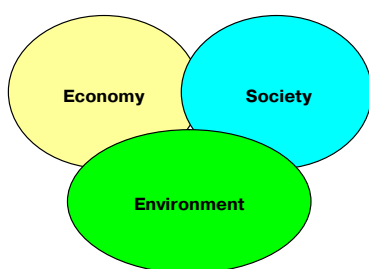
Lyudmyla Babak

Uppsala University, Sweden

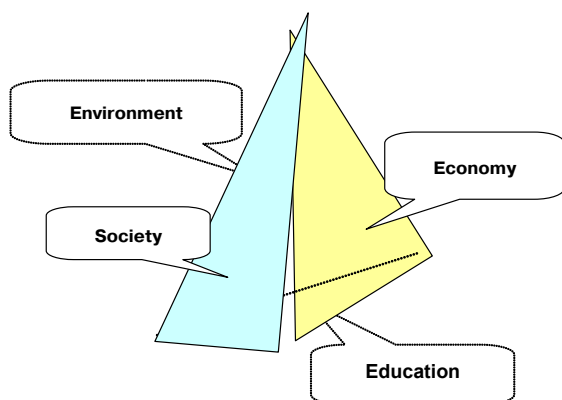
## INTRODUCTION: SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND TEACHING

Why do we talk about education while discussing sustainable development?

When talking about sustainable developments many concentrate on the environmental aspect and leave economy and society aside. It is important to remember that the concept of sustainability comprises three components, as it is presented on the following scheme.



Education is an essential factor, which influences society. John Dewey, a famous progressive educator, stated, that education is a fundamental method of social progress and reform (Bowen, Hobson, 1974). If we want to change a society, we have to start from education. Therefore, if to transform the concept of sustainability into the pyramid and include education, the scheme could look like the following (Scoullos, Malotidi, 2004, p. 21):



Scoullos' idea is that education can be considered as a basis for the pyramid of sustainable development. So the concept of Education for Sustainable Development (ESD) comes into being. It is vitally important, that Education for Sustainable Development is not only about Environmental and Ecological Education. The idea is that education

has to change both the content and the forms, so that sustainable development will become the only alternative for future generation. The concept comprises many characteristics such as interdisciplinary and holistic approach, locally relevant in the global context, etc. However this compendium will be focused on so-to-say pure pedagogical principles: promoting critical thinking and problem-solving, employing variety of educational methods.

## THEORIES OF EDUCATION

To start discussion about different methods of teaching we need to talk about theories of education that are the basic of any further action. Understanding of the whole process of education, mechanisms of learning and teaching defines HOW this education is performed.

Today the most common approach places *constructive model* versus *transmitting model* of education. Many of the teachers nowadays both in Western and Eastern pedagogical science believe that students learn best through direct instruction. That is why they impart lots of information to their students using lecture as a main method and paper and pencil for the tests. The students are thought to be motivated mostly through the use of grades, rewards or punishment. According to this model not deep understanding but remembering is needed for learning. The point of departure is a belief that knowledge about the world is static and fixed and must be taken for granted. Therefore the teacher is the transmitter of the knowledge and notions accumulated during the centuries and passed on from generation to generation. This model of education is called "transmitting model of education".

However the constructivist theory, widely promoted in Western education, starts from the assumption that knowledge is actively constructed in human mind with the main goal to develop students' ability to think. New knowledge is constructed on the basis of the ideas, beliefs and knowledge that the individual had before. David Perkins contrasts *Deep Understanding* versus *Surface Learning* (Feden, Vogel, 2003, p. 13–14) and says that Surface Learning causes fragile knowledge that can be easily forgotten while "deep understanding is well connected to other things we know and we not only retain them, but

are also able to understand them and apply them when appropriate” (p. 14). Consequently, the definition of constructivist pedagogy is thought as “the creation of classroom environment, activities, and methods that are grounded in a constructivist theory of learning, with goals that focus on individual students developing deep understanding in the subject matter of interest and habits of mind that aid in future learning” (Richardson, 2003, p. 1627).

Similar concepts are expressed by John Biggs and Catherine Tang in their “Teaching for quality learning at university: What the student does” (2007) – the book that became an inspiration for the author of this article. Besides wide discussion about surface and deep approaches to learning (p. 22–29), their main focus is that the standpoint in education should be changed from teacher-centred to a student-centred perspective. The main question is not ‘What teacher does?’ but ‘What student does?’ In accordance with this, the authors describe not teaching methods but Teaching/Learning Activities (TLAs). Preston D. Feden and Robert M. Vogel in their *Methods of teaching* (2003) compare two theories emphasizing the learning process (p. 35):

Traditional behavioural theory	Contemporary cognitive theory
Learning is the accumulation of bits of information and skills	Learning is a holistic and much more than additive process of accumulating information
Teacher can transfer knowledge directly to learners	Learner actively construct their own understandings
Learning takes place as teacher and individual learner interact	Learning is social and involves cooperation with others
Emphasis in on providing instruction	Emphasis on bringing about learning

Another widely accepted categorization to describe the teachers’ role in university education is the one done by Paul Ramsden (2003). He suggests the following categories: 1) Teaching as telling or transmission; 2) Teaching as organising student activities; 3) Teaching as making learning possible.

#### TYPES OF TEACHERS

There are different types of teachers and their work is based on different theories; they used different methods and styles etc. Biggs and Tang (2007, p. 16–19) define three levels of teachers according to the focus on their activities:

#### Level 1: What the student is

The teachers see first the differences between students: there are good and bad ones. The teachers see their responsibility in knowing the content well and explaining it clearly. And it is up to the students to attend lectures, to listen carefully, to take notes, to read recommendation etc. Ability of the students is a main factor. The curriculum is a list of items to be covered by the teacher and then be repeated by the students. This theory of teaching can also be called “blame-the student” theory. When the students do not learn, it is completely their own fault.

#### Level 2: What the teacher does

The teachers at this level are concentrated on what teachers do. This view of teaching is still based on transmission. The responsibility of “getting it across” is on what teacher does, one should find more effective way of teaching. The teacher should use more and various techniques, and good class management is important. Learning depends on how good the teacher is, so he/she is blamed when students do not study.

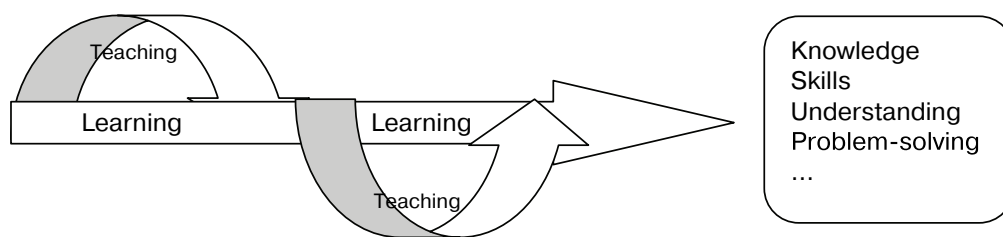
#### Level 3: What the student does

The third level is a student-centred model of teaching. Therefore the main task of the teaching is to support learning. It is impossible to say, “I taught them but they did not learn”. Rather teaching must take into consideration what students do in order to achieve more effective learning. The teacher should think about if students understand, and find activities to stipulate levels of understanding. In other words teaching must stimulate learning. Learning and understanding are the main concerns at this level.

#### INTERRELATION BETWEEN TEACHING AND LEARNING

Taking into consideration the third level on which the teacher should stimulate and facilitate learning, it is possible to conclude that these two processes are closely interrelated; they are indivisible. Therefore in some sources, namely Biggs and Tang (2007, p. 55–57), not methods of teaching but Teaching/Learning Activities (TLAs), are defined and discussed.

The overall idea of the scheme above is that one (we are talking about teachers now) should not forget about learning while teaching.



Scheme Teaching/Learning Interaction

## SURFACE AND DEEP APPROACHES TO LEARNING

As the level of teachers was discussed previously, now it is time to turn to students and how they approach learning. Biggs and Tang distinguish two approaches:

A. *Surface approach*. The main characteristic of this approach is that the students want to cope with the task with minimum trouble and at the same time meet course requirements. High-level cognitive activities are needed for the proper accomplishing the task; that is why in case of surface approach only low-level activities are used. Remembering of the facts and reproduction of materials is often represented as understanding, which actually does not happen. According to Biggs and Tang (2007, p. 23), there are some factors that encourage students to use such an approach:

- An intention only to achieve a minimal pass. Such may arise from a 'meal ticket' view of university or from a requirement to take a subject irrelevant to the students' programme.
- Non- academic priorities exceeding academic ones.
- Insufficient time; too high workload.
- Misunderstanding requirements, such as thinking that factual recall is adequate.
- A cynical view of education.
- High anxiety.
- A genuine inability to understand particular content at a deep level.

In their book Biggs and Tang state "The first step to improve teaching is to avoid those factors that encourage surface learning" (p. 24). That is why it would be appropriate to list these factors, which should be avoided:

- Teaching piecemeal by bullets lists, not bringing out the intrinsic structure of the topic or subject.
- Assessing for independent facts, inevitably the case when using short- answer and multiple-choice tests.
- Teaching, and especially assessing in a way that encourage cynicism: for example 'I hate teaching this section but we have to cover it'.

- Providing insufficient time to engage in the task.

- Creating undue anxiety or low expectation of success (p. 23–24).

B. *Deep approach*. Deep approach to learning is characterised by the wish of the student to be engaged in the task actively and understand it. That is why high-level cognitive activities are mobilised in order to cope with the task. Students are interested and motivated. When students feel the need-to-know, they automatically try to focus on essential meanings, on main ideas, themes, principles, or successful applications. There are certainly some factors that make students to apply this approach:

- An intention to engage the task meaningfully and appropriately. Such an intention may arise from an intrinsic curiosity or from a determination to do well.
- Appropriate background knowledge.
- The ability to focus at a high conceptual level, working from first principles, which in turn requires a well-structured knowledge base.
- A genuine preference, and ability, for working conceptually rather than with unrelated details Biggs and Tang (2007, p. 24–25).

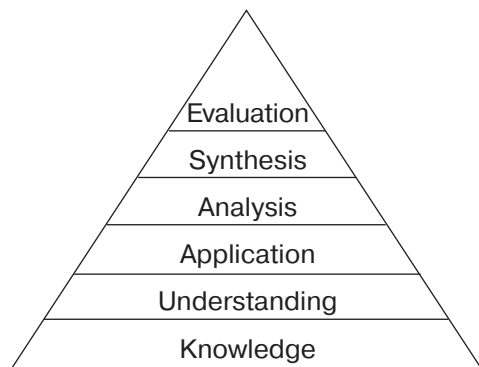
It is advisable to focus on those factors that encourage a deep approach. So, the teacher has to keep in mind these factors:

- Teaching in such a way as to explicitly bring out the structure of the topic or subject.
- Teaching to elicit an active response from students, e.g. by questioning, presenting problems, rather than teaching to expand information.
- Teaching by building on what students already know.
- Confronting and eradicating students' misconceptions.
- Assessing for structure rather than for independent facts.
- Teaching and assessing in a way that encourages a positive working atmosphere, so students can make mistakes and learn from them.
- Emphasizing depth of learning, rather than breadth of coverage.
- In general, and most importantly, using teaching and assessment methods that support

the explicit aims and intended outcomes of the course Biggs and Tang (2007, p. 25).

#### WHAT DO WE TEACH AND EVALUATE: LEVEL OF KNOWLEDGE

Bloom's Taxonomy



In 1956 Benjamin Bloom headed a group of educational psychologists who developed a classification of levels of intellectual behaviour important in learning. Bloom found that over 95 % of the test questions students encounter require them to think only at the lowest possible level namely to recall the information.

"Bloom identified six levels within the cognitive domain, from the simple recall or recognition of facts, as the lowest level, through increasingly more complex and abstract mental levels, to the highest order which is classified as evaluation" (<http://www.officeport.com/edu/blooms.htm>).

Biggs and Tang (2007) distinguish and define declarative and functional knowledge. According to them *declarative* knowledge "refers to knowing about things, or 'knowing what'. It is public knowledge, subject to rules of evidence that makes it verifiable, replicable and logically consistent. It is what is in libraries and textbooks, and is what teachers declare in their lectures" (p. 72). *Functioning* knowledge means that they are used in performance and based strengthened by understanding. This knowledge, say Biggs and Tang, is within the experience of the learner, who can now put declarative knowledge to work by solving problems, designing building, planning teaching or performing surgery (p. 72).

According to the kind of knowledge we would like students to gain, we have to construct our goals and activities.

#### GOALS OF TEACHING OR INTENDED LEARNING OUTCOMES

Since we agreed on the point that teaching and learning are two interrelated processes and the main

concern of the teacher is the learning process, we have to change our approach to goals of teaching / learning. In modern pedagogical science the new concept is accepted: Learning Outcomes (Biggs & Tang: Intended Learning Outcomes (ILOs)). This is once again to emphasise learning, not teaching. Thus, *LEARNING OUTCOMES* are statements expressing what the students should know, understand, and relate themselves to and being capable of doing by the end of a particular period of study.

The ILOs are constructed upon deciding what kind of knowledge is to be involved. The following verbs representing intellectual activity on each level of knowledge is a good tool for designing ILOs.

*Knowledge*: arrange, define, duplicate, label, list, memorize, name, order, recognize, relate, recall, repeat, reproduce, state.

*Comprehension*: classify, describe, discuss, explain, express, identify, indicate, locate, recognize, report, restate, review, select, translate.

*Application*: apply, choose, demonstrate, dramatize, employ, illustrate, interpret, operate, practice, schedule, sketch, solve, use, write.

*Analysis*: analyze, appraise, calculate, categorize, compare, contrast, criticize, differentiate, discriminate, distinguish, examine, experiment, question, test.

*Synthesis*: arrange, assemble, collect, compose, construct, create, design, develop, formulate, manage, organize, plan, prepare, propose, set up, write.

*Evaluation*: appraise, argue, assess, attach, choose compare, defend, estimate, judge, predict, rate, core, select, support, value, evaluate (<http://www.officeport.com/edu/blooms.htm>).

Moreover, according to the European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), being implemented by most of the signatory countries of the Bologna process, the objectives of the course, included in the official information course package, should preferably be expressed in terms of learning outcomes and competences.

As you may know according to the Bologna process higher education is divided into three cycles: bachelor, master and doctoral studies. The following example shows general goal of higher education in Sweden according to the cycles.

"Section 8. First level education shall essentially build on the knowledge that students acquire in national or specially designed programmes at upper secondary school or corresponding knowledge.

First level education shall develop the students'

- ability to make independent and critical assessments,

- ability to independently perceive, formulate and solve problems, and



- awareness to deal with change in working life.

Section 9. Second level education shall essentially build on the knowledge that students acquire in first level education or corresponding knowledge. Second level education shall involve a deepening of knowledge, skills and abilities relative to first level education and, in addition to what applies to first level education, shall

- further develop the students' ability to independently integrate and use knowledge,
- develop the students' ability to deal with complex phenomena, issues and situations, and
- develop the students' potential for professional

activities that demand considerable independence, or for research and development work" (Source: Higher Education Act, Chapter 1, Section 8, from 1 January 2007).

#### "GOOD TEACHING" AND HOW TO ACHIEVE IT

Let us start discussion from the qualities of the teacher, in other words, what makes "a teacher" to be "a good teacher". In the following table we can see qualities of a good teacher articulated in different words by students and by the teachers themselves:

##### According to the teachers:

- Enthusiastic
- Knowledgeable
- Clear goals
- Gives feedback
- Kind
- Available
- Variety in teaching
- Fair, objective

##### According to the students:

- Enthusiastic
- Knowledgeable
- Pedagogical
- Objective and Fair
- Open to communication with students
- Level of teaching adapted to students' level of knowledge
- Variety in teaching

Now, let us look at the teaching. There are some important factors that make teaching successful:

- Teaching/learning climate
- Motivation
- Reflective teaching
- Activation

*Teaching/learning climate.* By different (formal and informal) interaction with students teachers create certain atmosphere, which determine how the students and other participants feel about learning. This is called teaching/ learning climate. Such climate certainly has influence on how students learn. Thus, Douglas Mc Gergor (1960) defined theory X and theory Y climates in management. Biggs and Tang (2007, p. 37–39) transferred these theories to the classroom. *Theory X* assumes that students cannot be trusted, they do not want to learn and they will cheat if they have possibility. They need to be told what to do and what to study, attendance needs to be checked every lecture and the examination must be invigilated. This learning climate is based on anxiety, generates negative feeling. It is associated with blame-the-student model of teaching and as consequence encourages surface learning. According to the *theory Y* students are assumed to do best when they have freedom and space to use their own judgements. Classroom attendance is not obligatory and the forms as home-take examination and peer assessment are common. The consequence of this climate theory is a deep approach in students learning and good results. At the same time there is usually risk for cheating.

There are pure cases, but in practise the climates tends to lean more towards one or another theory. The approach to learning climate is balancing trust, risk and value!

*Motivation* is an important aspect for both students and teachers. There are no unmotivated students: all students want to do something. So our task as teachers is to make students be interested. According to the authors, to who we constantly refer, two factors make students or anyone else to be willing to learn something:

- It has to be important; it must have some value to the learner
- The learner needs to expect success when engaging the learning task (Biggs and Tang, 2007, p. 32).

This commonsense understanding is called expectancy-value theory of motivation. Common examples of teachers' mistakes are: "This is unnecessary part of the course but we have to cover it anyway" or "This part of the course is rather difficult, but you are at the university and have to cope. Higher education is not for those who do not understand". Giving feedback and commenting results teacher should be careful and thoughtful in what she/she is saying.

Compare the remarks given on when student succeed: "You are good at this, aren't you?" and "You had it lucky this time", and comments when students fail like "This is hard, but with little bit more effort you will get it right" with "You just do not have what it takes". By giving negative remarks you "kill" interest and motivation. So the key to motivation is

to not discourage students in their studies and show that academic activities are meaningful and worthwhile.

Another important aspect is that the teacher himself/herself must be motivated in order to give this feeling of the subject to the student. When the teacher is bored or unenthusiastic about the subject, students will never be motivated or interested in learning about it.

*Reflective teaching* is when expert teachers continually reflect on how they might teach even better. Among many characteristics given by students to a “good teacher” there are knowledge, objectiveness and variety in teaching. So keep yourself updated and try to use more methods. Having experienced problem with students, do not blame them, but reflect on what could be the reason, and reflect. Teaching is a personal process, and every teacher should consider the subject, the level of students and work out own solutions. An interesting fact is that in all western universities have students’ and teachers’ evaluation after the course as a common practise. Students should evaluate a course (structure, workload, content etc.) and the teacher: his/ her own level, preparedness, communication skills etc. The results of the evaluation are as a rule taken into consideration by the head or the board of the department, and may have influence on the teacher’s employment.

A good university teacher nowadays has to give up a “traditional view” of the teacher such as “I gave all necessary information to the students, they have a book and it is not my business how they will learn and be ready for the exam”. What we are taking about now is the student-centred approach, in which the starting point is “What do students do and how do they learn?” So the teacher’s responsibility is to make the whole process more effective, by activating students learning.

*Activation.* How to activate the students? Partly we have answered to this question: motivate, show the value of what they are doing, put clear goals etc. One more point is to make them understand and put the knowledge into practice (learning-by-doing approach).

“Tell them and they will forget,  
Show them and they will remember  
Involve them and they will understand”.

Therefore the task of the teacher is to choose optimal methods for achieving goals. These methods (or as we called them previously teaching/

learning activities) have to correspond to the purposes of the teaching/ learning process.

Here is the list of teaching methods / TLAs that are most common in practice:

- Lecture/ tutorial
- Seminar
- Group discussion
- Group work/ team learning
- Field visit/ Excursion
- Laboratory Work

Some additional methods are still defined as non-traditional /innovative. To this group the following could be referred:

- Project Work
- Case study method
- Problem- based learning
- Peer tutorial/ teaching
- Simulation training/ games
- Role play
- Online teaching

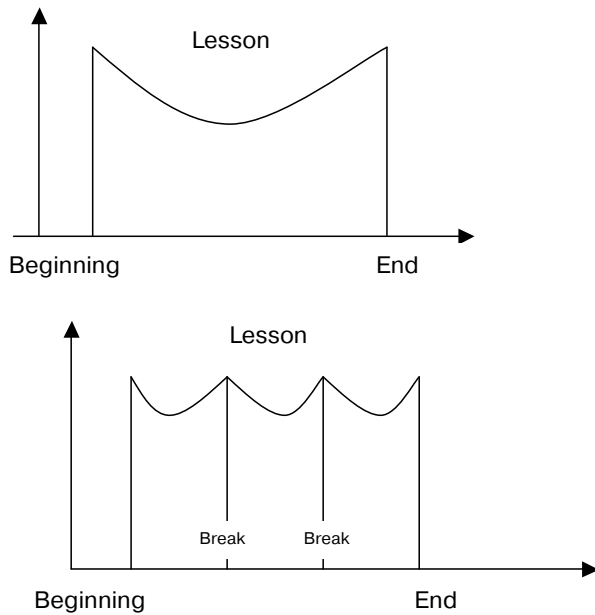
It is impossible to say that some methods are better than others and that we have to exclude, for instance, all lectures and substitute them by seminars. The teacher have to find an optimal set of TLAs that will correspond to the goals of the course, always keeping in mind that ACTIVE LEARNING is more effective than passive.

Furthermore, let us consider the effectiveness of some methods.

## Lectures

Lectures are sometimes perceived as an old and transformative model, and that teacher must leave behind this archaic techniques. Why should we lecture if students can read themselves, moreover reading is done at students’ pace and lecturing- at teachers’ pace. Nevertheless, due to different reasons lecture is still the main form of university education. Why should we keep lecturing? It is still good for introduction to the new course/section, or clarification of key concepts or summaries, presentation of new research data. Also lectures are good for aural learners, and if they are well prepared it arises interest to the subject/ topic. How can we improve lectures? By demonstration, dramatization, small written exercises, buzz group discussion, pair discussion etc, shortly by making lectures participatory form of learning. Some explanations on why it is important to vary during the lecture are given in the graphs below:

The bowing effect (Bligh 1998)



According to the research on human memory, one tends to remember the beginning and the ending of what one heard. That is why in order to improve the outcome of the lecture it is good to make several breaks during the lecture. It is not necessarily that you let students go out of the classroom; you can just introduce some of the suggested activating techniques for several minutes in between of your lecturing.

Psychologists confirm that we should use more varied methods and activate students. The following result is confirmed by many researchers in the field:

Most people learn  
 10% of what they read  
 20% of what they hear  
 30% of what they see  
 50% of what they see and hear  
 70% of what they talk over with others  
 80% of what they use and do in real life  
 95% of what they teach someone else

(Source: Attributed to William Glasser; quoted by Biggs and Tang, 2007, p. 96)

### Peer teaching

As you can see, one learns most while teaching others. Why then not organise peer teaching? It can be relevant for both big and small classes. The task to prepare teaching session can be either individual, or given to a group. You can spend a special class for given students opportunity to be teacher or include a small part during regular sessions. For this kind of TLA there are some rules: the teacher should provide materials or refer to the sources

taking responsibility for its validity. The teacher should check the content of the teaching session, but do not interfere much, as students are likely to present information from their prospective, and after teaching session give your feedback and ask the students to reflect on the session.

### Case-based learning

Case-based learning can be presented in two variants. The first one when the students study the real cases that have been carried out. It can illustrate particular issue or can be given through the course selected for every topic to cover. Another variant is aimed to teach how to apply knowledge in a real case. In other words, the students are given a case (a problem) and have to come up with the solution. Case-based learning develops analytic and problem-solving skills, and allows students to apply new knowledge and skills. It also allows introducing and exploring complex issues.

### Group work

In a real life people do not work by themselves, they even seldom make decision individually. That is why group work is important and necessary method of learning. In group work the students elaborate already known contents and reflect on conclusions. They learn to split tasks, collaborate and make common decisions, as well as to share responsibility for the final result. Group works can be used for minor tasks in class as well as bigger home-assignments. There are several examples of organizing group work like *buzz group* (small group or pair organised during lectures or seminars mainly for short discussion), *jigsaw groups* (the member of the group get individual tasks and then gather in order to solve the main task), *syndicate group* (organised including individual tasks and common debate with the purpose that the group will come to a common conclusion or decision to report back in front of the class.) *Spontaneous collaboration* as a form of group work is hard to moderate from the teacher's side, but nevertheless it is often used by, for instance, Swedish students. They tend to work in groups during the course and exam periods in order to help each other with understanding and with exchanging wisdom on examination question.

Problem-based learning (PBL) is one of the most important developments in contemporary higher education. Problem-based education is based on the assumption that individuals who are motivated to solve the problem will search and learn whatever knowledge is needed to solve the problem. Problem-based learning does not mean that the teacher just wait for problem

solution from the students. You have to check on each group's or individual progress, help to clear up misconceptions and help to see right direction. One of the methods of PBL is case-study learning (described earlier), where the case is actual description of problem situation.

Other valuable methods are games and simulations. Games and simulations both teach and are fun. Many games are simulations as well, as business games, international relation games. Describing games and simulations McKeachie (2006, p. 225–226) states “the chief advantage of games and simulations is that students are active participants rather than passive observers. Students must make decisions, solve problems, and react to the results of their decisions.” One disadvantage of games method is logistic. It is hard to find a game that suits the subject, and the development of your own game can be rather consuming.

Project work is another method that brings study closer to reality. The project is usually based on actual cases connected to everyday professional reality. The project is organised and carried out by a group of students. Every student is attributed roles and functions, the tasks are divided between group members. An important part of the project work is to consider project management: have structural plan and clear deadlines, and to follow the requirements.

#### Assessment

Assessment has an important role in the educational process as well. There are two main forms of assessment defined by all educational scientists- *formative* and *summative* for two

reasons- formative feedback and summative grading. In formative assessment, the results are used for feedback during the learning. Teachers and students need to know how learning is proceeding. The results of summative assessment are used to grade students at the end of the course or the programme.

Assessment in general has a backwash, invented by Lewis Elton, 1987 (Biggs and Tang 2007, p. 169). According to him and as we know from our experience the students mostly are concentrated on the aspects on what they will be assessed. In other words, they learn what they think they will be tested on. That is why is extremely important to align assessment with the goals and the content of the course, in other words, to construct the assessment tasks having intended learning outcomes in mind. Another vital aspect which teacher should not forget is to assess students on different levels of knowledge, i.e. not *only remembering the facts*.

In the pedagogical sources much attention is give to *formative assessment (feedback)*. It is one of very useful teaching/learning activities, which helps to detect the errors in students understanding and correct them. Such assessments do not influence the grades and causes no fear and anxiety.

\* \* \*

To sum up, it is necessary to say that there is no one method that is the best or suits in all teaching / learning situations. On the contrary, the choice of suitable methods and variation during the process could be changed from time to time.

As a teacher we just have to keep in mind learning as a main process and the student as the central figure in education.

#### REFERENCES

**Biggs J., Tang C.** Teaching for quality learning at university: What the student does. Open University Press, 2007.

**Bowen J., Hobson P. R.** Main Features in Dewey's Educational Thought. Theories of education: studies of significant innovation in Western educational thought. Sydney: Wiley, 1974. P. 164–175.

**Common teaching methods** Revised by Pat McCarthy from «Getting the Most out of Your AIDS/HIV Training», 1992 (retrieved from <http://honolulu.hawaii.edu/intranet/committees/FacDevCom/guidebk/teachtip/comteach.htm>).

**Feden Preston D., Vogel Robert M.** Methods of teaching: applying cognitive science to promote student learning. Boston: McGraw-Hill, 2003.

**McKeachie J. W., Svinicki M.** Teaching Tips: Strategies, Research, and Theory for College and University Teachers. Houghton Mifflin Company, 2006.

**Ramsden P.** Learning to teach in Higher Education. Rautledge Falmer, 2003.

**Richardson V.** Constructivist Pedagogy in Teachers College Record, 2003.

**Scoullas M. J., Malotidi V.** Handbook on Methods used in Environmental education and Education for Sustainable Development. Athens, 2004.



# КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ

А. В. Толстиков, М. С. Потахин, М. С. Богданова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

## ВВЕДЕНИЕ

Наглядность информации, ее адекватная воспринимаемость и понятность играют решающую роль в процессе образования и воспитания. Существующие формы представления материала: карты, схемы, графики, диаграммы – часто обязывают преподавателя вводить дополнительные уточнения, в то время как объемом информации, накапливающейся, например, в ходе исследовательских работ студентов, все возрастает. Здесь может потребоваться внедрение новых средств визуализации данных.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Компьютерная визуализация данных используется давно. Однако не будем касаться первых шагов в этой области, а рассмотрим современные тенденции, поскольку это наиболее интересно. В науке и технике можно выделить, по крайней мере, две основные причины существования компьютерной визуализации данных. Первая – это моделирование поведения сложной системы для решения поставленной задачи; вторая – проверка существующей гипотезы по готовой модели. Но для образования может стать актуальной еще одна причина. Важно продемонстрировать работу системы лицам, заинтересованным в знании о ней, но не имеющим возможности ознакомиться с объектом в реальных условиях. К таким лицам относятся, например, студенты. Экология – один из предметов, где компьютерная визуализация помогает учащимся вникнуть в суть процесса. Безусловно, в настоящее время существует множество электронных ресурсов, успешно решающих эти проблемы. Однако современные технологии достигли того уровня, когда учебные материалы не нужно с большим трудом выискивать; стало возможно создавать их самостоятельно, в зависимости от задач, которые ставит перед собой преподаватель. Для этого достаточно иметь компьютер и некоторые навыки работы со специфическими программами. В своей работе для компьютерной визуализации мы используем динамические схемы, анимацию, учебно-научные фильмы и 3D-визуализацию.

Большая часть существующих компьютерных программ, которые мы используем в эколо-

гическом просвещении, создана для объемного моделирования архитектурных строений или узлов агрегатов. Однако некоторые программы (например, ГИС «Карта 2008») удачно решают вопросы 3D-моделирования природных объектов и хорошо воссоздают рельеф местности по следующей схеме (рис. 1).

Из схемы следует, что для создания трехмерной модели местности необходима векторная карта интересующей нас территории, значение высот и фотоматериалы.

Трехмерные природные объекты могут успешно реализовываться во многих пакетах программ, например, в Surfer (рис. 2), Grass или AutoCAD. Основная проблема, с которой на этом пути столкнется преподаватель, – стоимость лицензий этих программ.

И, конечно, самыми наглядными примерами компьютерной визуализации являются анимации и динамические схемы. Для создания таких объектов удобно воспользоваться программным пакетом Macromedia Flash. Динамические схемы удачно воспроизводит Jasc Animation Shop (рис. 3).

Помимо основных причин, которые подталкивают к созданию компьютерных объемных моделей, можно выделить сопутствующие, например, необходимость объединить разрозненные данные об объекте в одной модели. Получается, что 3D-визуализация – это своего рода интерпретация данных. В этой связи все сводится к идее управления знаниями, поскольку готовая модель позволяет принимать решения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2006 г. мы использовали этот подход при разработке виртуальной экологической тропы «Озеро Пряжинское» (Свидетельство..., 2007; Толстиков и др., 2007). С помощью приемов компьютерной визуализации мы описали сложный природный объект – систему «озеро – водосбор» – и показали типичные ландшафты побережий оз. Пряжинского во все времена года. Виртуальная экологическая тропа – это своего рода электронный справочник, содержащий видео- и фотоматериалы (в данном случае по Пряжинскому озеру и его водосбору), структурированный определенным образом (рис. 4).

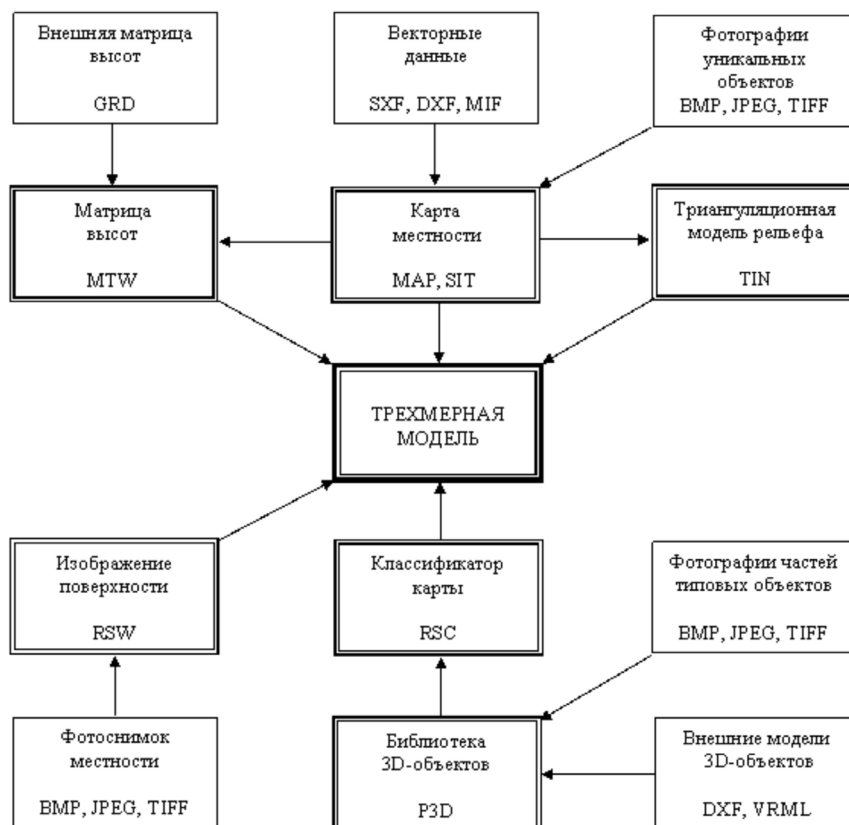


Рис. 1. Схема 3D-визуализации природного объекта (в нижней части каждого блока указано расширение файла) (из: <http://www.gisinfo.ru/3d/databuild.htm>)

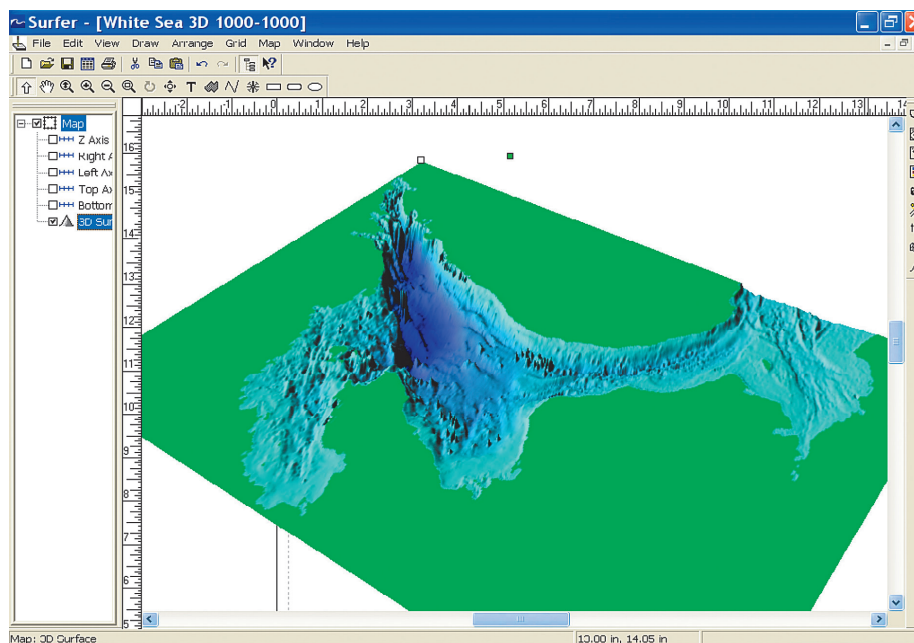
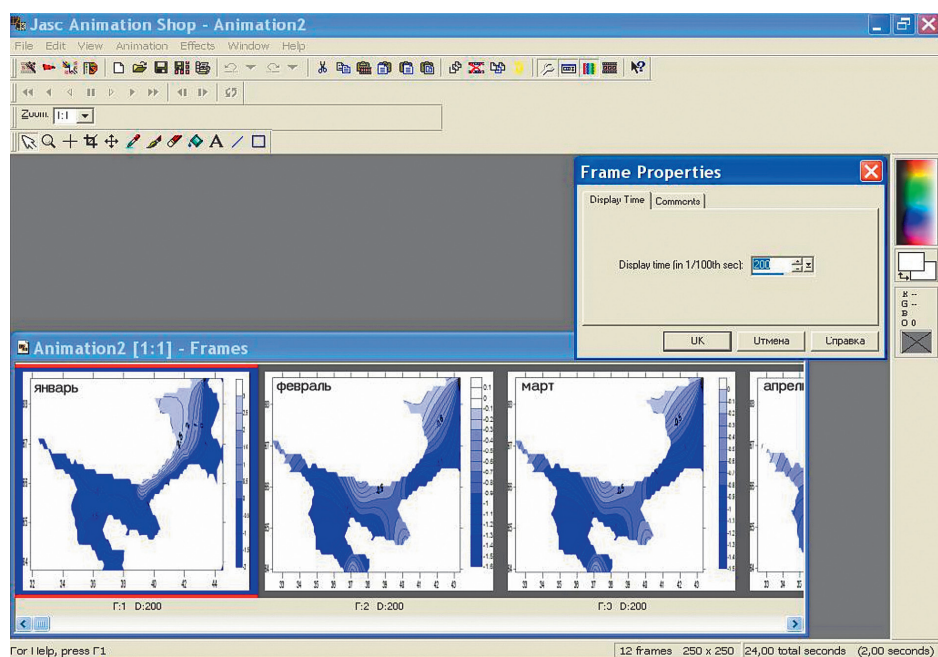


Рис. 2. 3D-рельеф дна Белого моря, построенный в Golden Surfer 8  
Fig. 2. 3D-relief of the White Sea bottom, made with help of the Golden Surfer 8



Р и с . 3 . Анимационная карта температуры поверхности Белого моря

Fig . 3 . The animation map of surface temperature of the White Sea



Р и с . 4 . Интерфейс виртуальной экологической тропы

Fig . 4 . Interface of the virtual trip

Виртуальная экологическая тропа «Озеро Пряжинское» представлена в виде мультимедийного DVD диска, выполненного на двух языках: русском и английском. Первый раздел вир-

туальной экологической тропы содержит карту озера с интерактивными точками. Каждая такая точка запускает либо видеоролик, демонстрирующий ландшафт указанной территории, либо



открывает страницу с фотоматериалами и текстовой информацией. Раздел «Виртуальная тропа» – это интерактивная фотография побережья Пряжинского озера – территории отдыха жителей поселка Пряжа. Как и на обычной экологической тропе, здесь есть информационные щиты, только они представляют собой гиперссылку на web-страницу с пояснительной информацией. Раздел «Полезно знать» содержит материалы по морфометрии оз. Пряжинского, библиографию с некоторыми активными ссылками на источники и полными текстами сборников по экологическому просвещению за 2006 и 2007 гг. научно-образовательного центра Института водных проблем Севера Карельского НЦ РАН. Кроме этого, представлены основные природные комплексы ландшафта территории и некоторые интересные объекты, например, озовые гряды, поселок Пряжа, основной приток озера – ручей Дегенс. «Видеоприложения» – это раздел с короткими видеороликами, снятыми во все сезоны года на месте отдыха жителей поселка Пряжа.

Помимо природных объектов отмечены историко-культурные: традиционные жилища карелов-людигов и следы современного антропогенного воздействия на водоем, включая результаты подводных исследований на мелководье северо-восточного побережья (Толстиков, Потахин, 2008).

Виртуальная тропа, в отличие от обычной экологической или учебной тропы, где время на прохождение маршрута строго регламентировано, не ограничена ни временными, ни пространственными рамками. При наличии доступа к Интернету на компьютере пользователя можно легко расширить количество имеющихся данных с 4,7 Гб до неограниченного объема с помощью дополнительных адресов web-сайтов, размещенных на диске.

При всей своей простоте, удобстве и незначительных денежных вложениях виртуальная тропа не нарушает принципов организации и требований к созданию традиционных экологических троп, однако она не способна полностью их заменить. Поэтому виртуальная экологическая тропа может применяться как допол-

нение в сфере экологического образования студентов.

Другим аспектом компьютерной визуализации в нашей работе является создание учебно-научных фильмов. Видеофильмы использованы и при создании виртуальной экологической тропы «Озеро Пряжинское». В настоящее время создается фильм по работе с океанологическими приборами, где рассмотрены вопросы гидрометрии. Фильм ориентирован на студентов-океанологов, но может быть интересен и широкому кругу специалистов. Структура фильма организована согласно плану океанологических работ. В первой части показано устройство научно-исследовательского судна и рассказано о методах наблюдений. Во второй части – методика CTD-измерений (отангл. conductivity – temperature – depth, т. е. измерения электропроводности, температуры, глубины моря). Здесь же рассказывается о постановке АБС – автономных буйковых станций, показаны приборы, регистрирующие скорость и направление течений, изменение уровня моря, концентрацию кислорода. Третья часть содержит информацию по исследованию дна моря. Здесь продемонстрированы различные эхолоты и дночерпатели. Четвертая часть посвящена работе гидрохимиков с показом отбора проб батометрами различного типа и первичной обработкой материала в полевых условиях. Биологический раздел помещен в пятую часть, которая повествует в основном о работе планктологов. Шестая часть – заключительная – рассказывает о некоторых аспектах камеральной обработки данных.

## ВЫВОДЫ

Использование приемов компьютерной визуализации является одним из направлений научно-образовательного центра Института водных проблем Севера в программах по экологическому образованию. Надеемся, что приобретенный нами опыт может быть интересен школьникам и студентам, поскольку демонстрируемая информация наиболее соответствует режиму реального времени.

## ЛИТЕРАТУРА

**Свидетельство** об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007611849 «Виртуальная экологическая тропа „Озеро Пряжинское“ (VET-LP)». Авторы: Толстиков А. В., Потахин М. С., Богданова М. С. 2007.

**Толстиков А. В., Потахин М. С.** Загрязнение береговой линии северо-восточной части Пряжин-

ского озера (Республика Карелия) // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: Сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2008. С. 450–452.

**Толстиков А. В., Потахин М. С., Богданова М. С.** Создание виртуальной экологической тропы «Озеро Пряжинское» // Изучение водных объектов и природно-территориальных комплексов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 138–141.



# COMPUTER VISUALIZATION OF TEACHING MATERIAL IN EDUCATION OF PUPILS AND STUDENTS

A. V. Tolstikov, M. S. Potakhin, M. S. Bogdanova

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre*

## INTRODUCTION

A major factor in education and raising is how illustrative and comprehensible information is, how relevantly it is perceived. With currently available forms of material representation: maps, schemes, diagrams, the teacher often has to additionally specify some things. Meanwhile, the amount of information accumulated, e.g., in the course of students' research, keeps growing. Hence, new means of data visualization may be needed.

## MATERIAL AND METHODS

Computer visualization of data has been in use for quite a while. Let us not look back at the first steps of the technique, but consider ongoing tendencies, which is more interesting. There are at least two reasons for computer visualization of data to exist in *science and technology*. One is to simulate the behaviour of a complex system to solve one's task; the other one – to verify a hypothesis using a pre-developed model. In

education however, another reason may be of relevance. An important task is to demonstrate how a system functions to those interested in it, but having no possibility to "eye-witness" it. This is the case with students. Ecology is a subject where computer visualization helps learners get an insight into the process. Understandably, there now exist many digital resources successfully addressing the task. However, technologies have now reached a level when one can create an own resource depending on one's task instead of spending much effort on finding ready-made learning aids. To do so, one just needs a computer and some skills in specific software. In our computer visualization activities we employ dynamic schemes, animation, educational films, and 3D visualization.

Much of the software we use in environmental education was designed for 3D modeling of architectural structures or units of machines. Yet, some applications (e.g. "Map 2008" GIS) deal well with 3D modeling of natural objects, and reproduce the terrain following the scheme below (Fig. 1).

External elevation matrix GRD	Vector data SXF, DXF, MIF	Photographs of unique objects BMP, JPEG, TIFF
Elevation matrix MTW	Map of the terrain MAP, SIT	Triangulated terrain model TIN
<b>3-D MODEL</b>		
Image of the surface RSW	Map classifier RSC	Photos of fragments of typical objects BMP, JPEG, TIFF
Photo of the terrain BMP, JPEG, TIFF	Library of 3D objects P3D	External models of 3D objects DXF, VRML

Fig. 1. Scheme for 3D visualization of a natural object (bottom line of each unit is file extension)  
(from: <http://www.gisinfo.ru/3d/databui7ld.htm>)

It follows from the scheme that to produce a 3D model of the terrain one needs a vector map of the area, elevation values and photos.

Three-dimensional natural objects could be realized successfully with help of programs such as Surfer, Grass or AutoCAD. The main problem the teacher will confront heading towards is a price of the program's license (Fig. 2).

And of course the main pictorial samples of computer visualization are animation and dynamic schemes. To produce such objects we make use

the program of Macromedia Flash. Dynamic schemes are successfully reproduced by Jasc Animation Shop (Fig. 3).

In addition to the main motivations for generation of 3D computer models there are some accompanying ones such as the need to assemble scattered data about an object within one model. Thus, 3D visualization is a kind of data interpretation enterprise. This eventually brings us to the idea of data management, since the final model enables decision-making.

## RESULTS

In 2006, we used this approach to produce the virtual trip "Lake Pryazhinskoye" (Certificate..., 2007; Tolstikov et al., 2007). By means of computer visualization we described the complex natural object: the "lake-catchment" system and demonstrated typical landscapes of Lake Pryazhinskoye shores in all seasons. The virtual trip is a sort of a specifically structured digital reference book with video- and photo materials (here, on Lake Pryazhinskoye and its catchment) (Fig. 4).

The virtual trip "Lake Pryazhinskoye" is available on multimedia DVD in two languages: Russian and English. The first section contains the map of the lake with interactive points. Each point either launches a piece of video on the landscape of the area, or opens a page with photos and textual material. The "Virtual Trip" section is the interactive photograph of Lake Pryazhinskoye shore – a recreation area wanted by people from the Town of Pryazha. Like a real nature trip, it has information boards – hyperlinks to the webpage with explanatory information. The "Good to Know" section contains materials on Lake Pryazhinskoye morphometry, bibliography with some active links to sources and full texts of ecological education papers (2006 and 2007 yr) of the Scientific Educational Centre of the Northern Water Problems Institute. Moreover, it is present major natural complexes of the landscape and some interesting objects such as oases ridges, Pryazha Town, Degens Stream – the main tributary of the lake. "Video Attachments" are short pieces of footage shot in different seasons in the towns' recreation area.

In addition to natural objects, attention is given to historical and cultural ones: traditional houses of Ludic Karelians, and traces of modern human impact on the lake, including the results of underwater surveys in shallow areas along NE shore (Tolstikov, Potakhin, 2008).

Unlike the regular nature tourism or educational trip, where the timeframe is strictly defined, the virtual trip has neither temporal nor spatial limitations. With Internet access, the data available

can be easily expanded from the 4.7 Gb of the disk space to about infinity through links to extra websites.

With all its simplicity, convenience and low costs, the virtual trip is consistent with the organization principles of and requirements to traditional nature trips, but cannot fully substitute them. Thus, virtual trip can be used as additional learning aid in environmental education.

Another form of computer visualization in our work is making of scientific educational films. Video films were used also in the virtual trip "Lake Pryazhinskoye". We are now producing a film teaching to operate oceanology equipment, and telling about hydrometry. The film is meant for students in oceanology, but may also be of interest to a wide range of specialists. The film is structured to follow the plan of oceanological research. First, the arrangement of a research vessel is demonstrated, and methods of observation are described. The second part tells about the CTD measurement technique (conductivity-temperature-depth measurements). It also describes installation of autonomous buoy stations, shows the equipment used to record current speed and direction, measure sea level, oxygen concentration. The third part contains information about seabed studies. It demonstrates various echo sounders and bottom grabs. Part four is devoted to the work of hydrochemists, and shows how samples are taken by bottom samplers of various types, and how the material is preliminarily processed in the field. The biological section is in part five, which is mainly concerned with the work of planktologists. The sixth, conclusive part throws light upon some aspects of laboratory treatment of data.

## CONCLUSIONS

Application of computer visualization tools is an area of the environmental education activities of the Scientific Educational Centre of the Northern Water Problems Institute. It is our hope that the experience we have gained would be of interest for pupil and students, since the information offered best corresponds to the real-time mode.

## REFERENCES

**Certificate** of official registration of the computer programme № 2007611849 "Virtual trip "Lake Pryazhinskoye" (VET-LP)". Authors: A. V. Tolstikov, M. S. Potakhin, M. S. Bogdanova. 2007 [in Russian].

**Tolstikov A. V., Potakhin M. S.** Pollution of Lake Pryazhinskoye NE shoreline (Republic of Karelia)

// Environmental Problems. Visions. Proceedings of the 5th International Workshop. Rostov-on-Don, 2008. P. 450–452 [in Russian].

**Tolstikov A. V., Potakhin M. S., Bogdanova M. S.** Development of the virtual trip "Pryazhinskoye Lake" // Study of Aquatic Objects and Spatial Natural Complexes of Karelia. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS, 2007. P. 138–141 [in Russian].

---

# **Материалы I регионального семинара «Связь образования и науки в подготовке новых кадров»**

---







# ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЕЛКОВОДНОГО ОЗЕРА ЗИМОЙ

Г. Г. Гавриленко\*, Г. Э. Здоровеннова\*\*, Р. Э. Здоровеннов\*\*

\* Санкт-Петербургский государственный университет

\*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

## ВВЕДЕНИЕ

Зимний термический режим мелководных озер умеренной зоны изучен достаточно хорошо. Однако большинство проводимых натурных исследований ограничиваются краткосрочными температурными съемками, не дающими достоверной информации об эволюции термической структуры озера в течение зимы. Установлено, что зимний термический режим озер, расположенных в одинаковых климатических условиях, определяется, главным образом, их морфометрическими характеристиками и особенностями ветрового перемешивания в период открытой воды (Форш, 1968; Фрейндлинг, 1991 и др.). Период зимнего нагревания, по определению Б. Д. Зайкова, начинается с появлением сплошного ледяного покрова, когда теплоотдача в атмосферу резко падает и вследствие поступления тепла от донных отложений начинается повышение температуры водной толщи озера (Зайков, 1955). А. И. Тихомиров предлагает за начало гидрологической весны принимать момент, когда сумма теплозапасов водной массы и донных отложений водоема достигает минимума и ежесуточная результирующая теплового баланса становится устойчиво положительной величиной (Тихомиров, 1982).

Летом в стратифицированных озерах теплозапас донных отложений увеличивается незначительно, и средняя температура воды зимой за счет теплообмена с дном повышается на десятые доли градуса. Донные отложения озер, нагреваемых летом в состоянии неустойчивой термической стратификации, накапливают значительное количество тепла. К концу зимы температура воды в придонном слое таких озер достигает 4–6 °С (Форш, 1968; Кузьменко, 1976; Bengtsson, Svensson, 1996). Потоки тепла из донных отложений в воду максимальны сразу после появления льда и составляют в начале зимы 1,0–9,6, в конце зимы – 0,5–4,0 Вт·м<sup>-2</sup>. Потоки тепла на границе вода – лед зимой имеют порядок 0,2–3,0 Вт·м<sup>-2</sup>, весной возрастают до 4,5–10,0 Вт·м<sup>-2</sup> и более (Bengtsson, Svensson, 1996; Malm et al., 1996).

Теплоактивным принято считать слой донных отложений, ниже которого годовое измене-

ние температуры не оказывает влияния на теплозапас водоема. Например, на озерах Кубенском (Тихомиров, Егоров, 1977), Пуннус-Ярви (Красном) (Кузьменко, 1976) годовые колебания температур грунтов прослеживаются до глубин 4–5 м.

Движения воды в мелководном озере зимой могут возникать в результате действия речного стока, проникающей под лед солнечной радиации (Jonas et al., 2003). После появления льда влияние погодных условий на формирование термической структуры озера снижается. Однако усиление ветра или прохождение над акваторией озера барических образований может приводить к колебаниям льда и возникновению в озере связанных с ними сейшеобразных течений. Такие течения могут вносить существенный вклад в колебания теплосодержания мелководного озера в течение зимы (Петров и др., 2007). Зимний термический режим мелководного озера, в свою очередь, играет значительную роль в возникновении и поддержании циркуляции и перемешивания в озере: вследствие неоднородного поступления тепла из донных отложений появляются градиенты плотности и течения, направленные вдоль склонов озера в глубоководную часть (Malm et al., 1998).

В последние годы все шире применяются методы математического моделирования, позволяющие воспроизводить сезонный ход температур в деятельном слое донных отложений, а также изменение во времени теплообмена на границе вода – дно (Ryanzhin, 1997; Golosov, Ignatieva, 1999). При решении таких задач возрастают требования к качеству данных натурных исследований, что требует применения новых высокоточных измерительных приборов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались данные, полученные в ходе экспедиций Института водных проблем Севера (ИВПС) Карельского научного центра РАН на оз. Вендюрском.

Озеро Вендюрское расположено в южной части Карелии (широта 62°10'–62°20' N, долгота 33°10'–33°20' E). Оно относительно небольшое (площадь зеркала 10,4 км<sup>2</sup>, объем вод

$\sim 5,5 \cdot 10^7 \text{ м}^3$ ) и мелководное (средняя глубина 5,3, максимальная – 13,4 м) (рис. 1). Котловина озера имеет ледниковое происхождение. Объем речного стока невелик. Коэффициент условного водообмена озера равен  $0,4 \text{ год}^{-1}$ . Прозрачность воды в оз. Вендюрском по диску Секки составляет 3–4 м. Донные отложения представляют собой песок на мелководье (на глубинах не более 2–3 м) и коричневые илы в глубоководной части озера. Толщина слоя илов достигает 0,4–1,0 м (Литинская, Поляков, 1975). Озеро Вендюрское является базовым объектом исследования ИВПС. С 1994 г. здесь проводятся ежегодные гидрофизические исследования, включающие измерение температуры воды и верхнего слоя донных отложений, течений (1994–1996 гг.), содержания растворенного кислорода (с 2000 г.), актинометрические измерения (весенние месяцы), а также сопутствующие наблюдения за метеопараметрами.

Начиная с июля 2007 г. на озере проводятся измерения температуры воды и верхнего 12-см слоя донных отложений с использованием двух термокос и специальной донной конструкции,

названной «катуша» (рис. 1). На термокосах и «катуше» размещены высокочувствительные RBR-термологгеры производства канадской фирмы «RBR Ltd.» (диапазон  $-5 \dots +35 \text{ }^\circ\text{C}$ , точность  $\pm 0,002 \text{ }^\circ\text{C}$ , разрешающая способность  $< 0,00005 \text{ }^\circ\text{C}$ ), фиксирующие температуру с дискретностью по времени одна минута. Термокосы и «катуша» непрерывно находятся в озере в течение года, исключая 2–4 дня весной после схода льда и осенью до льдообразования, когда приборы из озера извлекаются для снятия данных, после чего опять помещаются в озеро на прежнее место. Местоположение приборов определяется с помощью GPS с точностью  $\pm 20 \text{ м}$  по горизонтали. Данные о постановке термокос и «катуши» зимой 2007–2008 гг. приведены в табл. 1.

Цель работы: на основании анализа данных натурных наблюдений выявить главные закономерности сезонной изменчивости термической структуры мелководного озера в период существования ледового покрова и оценить влияние гидродинамических процессов на ее формирование. В связи с этим были поставлены и решены следующие задачи:

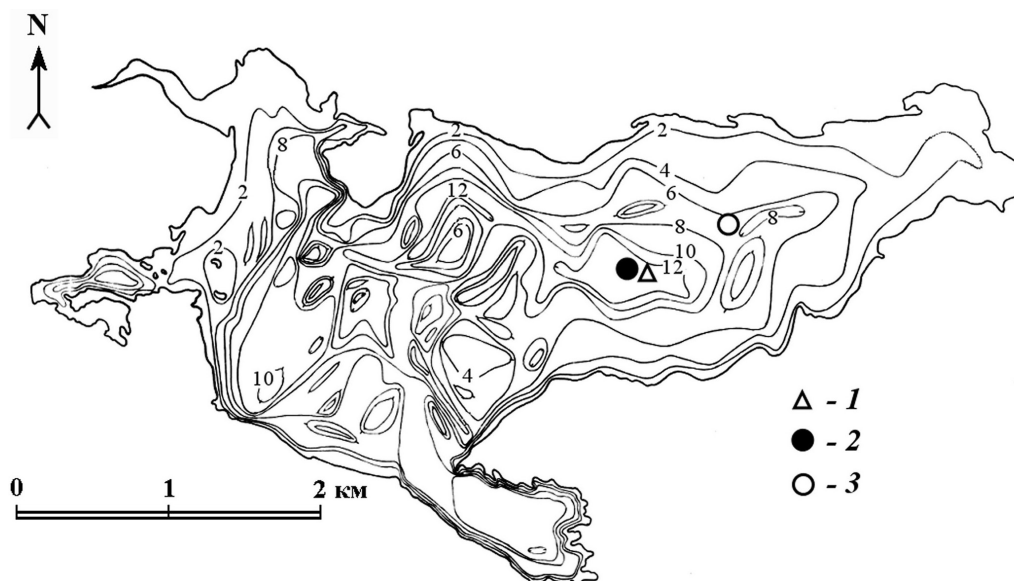


Рис. 1. Положение станций измерений:

1 – «катуша», 2 – «длинная» термокоса, 3 – «короткая» термокоса

Таблица 1. ДАННЫЕ О ПОСТАНОВКЕ ТЕРМОКОС И «КАТЮШИ» ЗИМОЙ 2007–2008 гг. (ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ – ТЕРМОДАТЧИК РАСПОЛОЖЕН В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ)

Период измерений	Станция, глубина, м	Координаты	Горизонты измерений, м, расстояние от датчика до дна (в скобках – расстояние от датчика до поверхности озера)
21.10.2007 26.05.2008	«Длинная» коса, 11,10 м	62°13,022' N 33°16,849' E	0,07 (11,03), 0,12 (10,98), 0,17 (10,93), 0,21 (10,89), 0,23 (10,87), 0,25 (10,85), 0,27 (10,83), 1,88 (9,22), 2,89 (8,21), 3,89 (7,21), 4,86 (6,24), 5,80 (5,30), 6,79 (4,31), 7,78 (3,32), 8,23 (2,87), 8,60 (2,50)
19.10.2007 26.05.2008	«Короткая» коса, 6,88 м	62°13,120' N 33° 17,430' E	0,08 (6,80), 0,13 (6,75), 0,18 (6,70), 0,23 (6,65), 0,93 (5,95), 1,88 (5,00), 2,88 (4,00), 3,40 (3,48), 3,80 (3,08), 4,30 (2,58)
19.10.2007 26.05.2008	«Катуша», 11,11 м	62°13,006' N 33°16,852' E	–0,12 (11,23), –0,10 (11,21), –0,08 (11,19), –0,06 (11,17), –0,04 (11,15), –0,02 (11,13), 0,00 (11,11), 0,02 (11,09), 0,04 (11,07), 0,30 (10,81)

- исследовать сезонную изменчивость термической структуры мелководного озера в зимний период по данным натурных измерений;
- выделить частотный диапазон колебаний температур;
- оценить периоды баротропных и бароклинных сейш оз. Вендюрского.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным термокос установлено, что озеро замерзло 14 ноября 2007 г. при средней температуре водной массы около 0,6 °С. Сразу после появления сплошного ледового покрова резко снизилась теплоотдача из воды в атмосферу, а передача тепла от донных отложений в воду продолжалась, вследствие чего началось зимнее нагревание водной толщи оз. Вендюрского. Наиболее быстрый рост температуры воды отмечался в течение первой недели ледостава в придонном слое в глубоководной части озера, как и в предыдущие годы наблюдений (Петров и др., 2006). Абсолютный максимум прироста температуры был зафиксирован на горизонте измерений 0,07 м на «длинной» термокосу в течение первых двух суток ледостава: 0,59–0,61 °С·сут<sup>-1</sup> (табл. 2). Затем скорость роста температуры в придонном слое резко снизилась: в течение недели до 0,11–0,15, к концу первого месяца ледостава – до 0,02–0,03 °С·сут<sup>-1</sup>. Такой порядок скоростей роста температуры наблюдался на всех горизонтах водной толщи озера со второго месяца ледостава до начала весеннего подледного прогрева. В районе постановки «короткой» термокосы температура понижалась в течение первых суток ледостава, затем начался ее медленный рост со скоростью, не превышающей 0,50 в течение первой недели ледостава и снизившейся до 0,02 °С·сут<sup>-1</sup> к концу первого месяца зимы. К

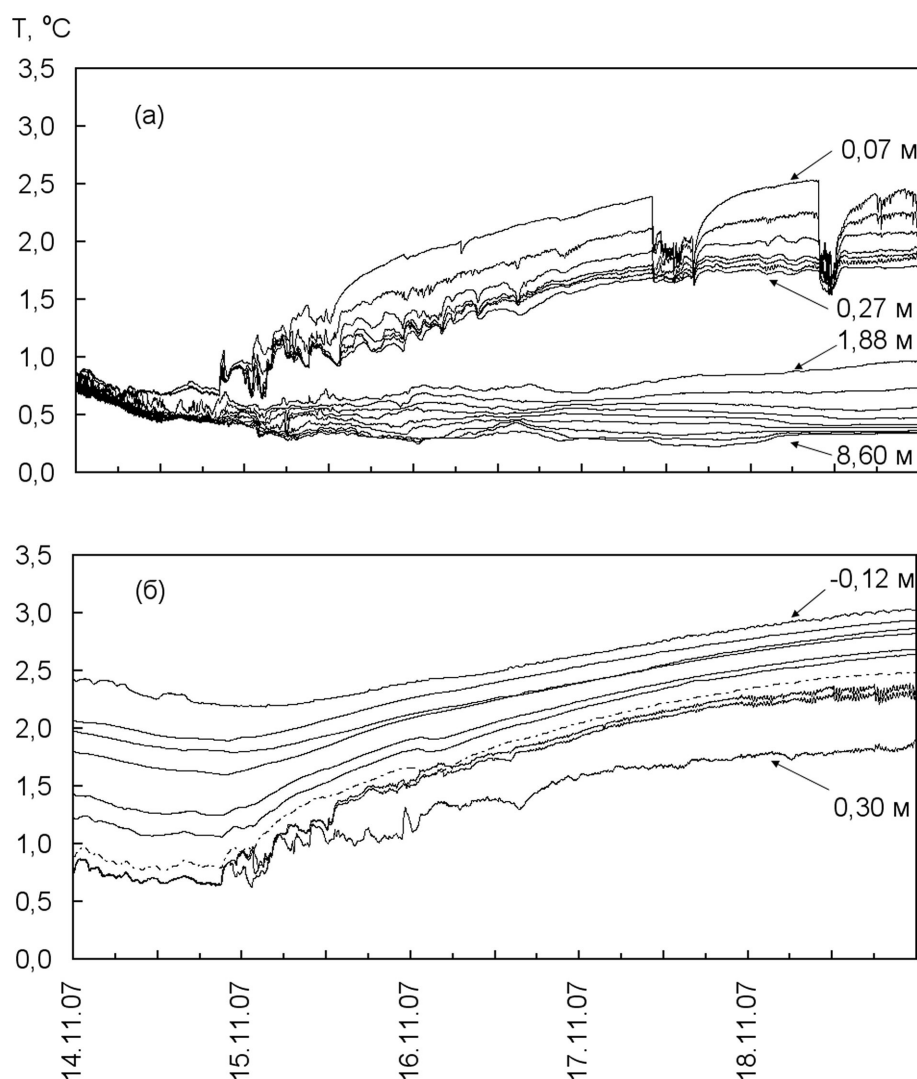
концу зимы температура придонного слоя в глубоководной части озера поднялась выше 5, в районе постановки «короткой» термокосы поднялась до 3 °С. Вскрытие ледового покрова озера происходило в период с 6 по 10 мая 2008 г.

В течение всей зимы в придонном слое глубоководной части озера на фоне повышения температуры неоднократно были зафиксированы резкие ее падения (на величину 0,05–0,80 °С) с последующим плавным ростом. Такие резкие падения температуры продолжались обычно 1–15 мин, наиболее часто – 6 мин, плавный рост до предшествующих падению значений – от 3 до 30 ч, наиболее часто – 3–9 ч (рис. 2).

Описанное явление трудно поддается объяснению, тем более что его синхронность между «длинной» термокосой и «катушей» (расстояние между станциями около 50 м) наблюдалась в редких случаях. Если связать это явление со стеканием по склону «ядер» более холодных вод из районов с меньшими глубинами в глубоководную часть озера, то в данных «длинной» термокосы и «катушки» должна быть синхронность выбросов, которая наблюдалась редко. Зачастую резкие колебания температуры в придонном слое «длинной» термокосы происходили одновременно с ее плавным ростом в придонном слое «катушки» и наоборот. По данным «длинной» термокосы в течение зимы 2007–2008 гг. было зафиксировано четыре периода интенсификации резких падений температуры: с 17 по 28 ноября, с 6 по 23 декабря, с 29 января по 17 февраля, с 25 марта по 10 апреля 2008 г. По данным «катушки» интенсификация колебаний температуры в придонном слое наблюдалась с 6 по 22 декабря, со 2 по 24 января, с 23 марта по 9 апреля. По данным «короткой» термокосы резких колебаний температуры в придонном слое зафиксировано не было.

Таблица 2. ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ГОРИЗОНТАХ ВОДНОЙ ТОЛЩИ оз. ВЕНДЮРСКОГО В НАЧАЛЕ ЗИМЫ (ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ – ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ)

Период измерений	«Катюша»			«Длинная» термокоса				«Короткая» термокоса		
	Горизонт, м									
	–0,02	0,00	0,02	0,07	0,27	1,88	8,60	0,08	0,23	1,88
	ΔT, °C·сут <sup>-1</sup>									
14–15.11.07	0,42	0,50	0,47	0,59	0,20	0,02	–0,10	–0,01	–0,06	–0,10
15–16.11.07	0,45	0,45	0,54	0,61	0,39	0,10	–0,01	0,06	0,02	–0,01
16–17.11.07	0,37	0,39	0,36	0,15	0,29	0,07	–0,05	0,40	0,37	0,13
17–18.11.07	0,23	0,22	0,17	0,12	0,06	0,11	0,07	–0,02	–0,03	–0,02
18–19.11.07	0,15	0,13	0,14	0,24	0,16	0,13	0,01	0,09	0,05	0,04
19–20.11.07	0,08	0,09	0,12	0,13	0,15	0,13	0,01	0,06	0,03	0,04
20–21.11.07	0,11	0,13	0,14	0,11	0,15	0,11	0,02	0,06	0,06	–0,08
21–27.11.07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,08	0,00	0,02	0,02	0,01
27.11–4.12.07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,04	0,00	0,02	0,03	0,01
4–13.12.07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,00	0,04	0,03	0,03
13–20.12.07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
20–27.12.07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02



Р и с . 2 . Изменение температуры водной толщи и верхнего 12-см слоя донных отложений в глубоководной части озера в период 14–18.11.2007 г.:

а – данные «длинной» термокосы, б – данные «катюши», пунктирной линией обозначена граница вода – дно. На рисунке указано расстояние от датчика до границы вода – дно, м, расстояние от датчика до поверхности озера см. в табл. 1

На протяжении зимы на всех станциях наблюдений в придонном слое отмечались колебания температуры с периодами, близкими к теоретически рассчитанным периодам продольной (25–30 мин) и поперечной (6–7 мин) сейш оз. Вендюрского (Malm et al., 1996), а также усиления этих колебаний с периодом, близким к суткам. Амплитуда колебаний температуры при таких короткопериодных пульсациях достигала 0,1 °С, однако в большинстве случаев составляла 0,02–0,05 °С. Температура вышележащей водной толщи повышалась плавно, без резких скачков.

С помощью спектрального анализа были оценены основные периоды колебаний температуры воды придонного слоя, составившие 5–6, 23–27 мин, 1–3, 6–8, 11–12, 22–26 ч, 1,7–

2,6, 3,1–4,1, 5–6, 13–15 сут (табл. 3). Были оценены периоды первой моды продольной бароклинной сейши оз. Вендюрского по формуле (Gill, 1982):

$$T_1 = \frac{2\pi L}{NH}, \quad (1)$$

где  $T_1$  – период первой моды бароклинной сейши;  $L$  – максимальная длина озера, м;  $N$  – частота плавучести, с<sup>-1</sup>;  $H$  – средняя глубина, м.

Рассчитанные периоды продольной бароклинной сейши оз. Вендюрского, составившие 9–10 и 12–13 сут для «длинной» и «короткой» термокос, соответственно, неплохо согласуются с расчетными данными, полученными по наблюдениям других лет (Петров и др., 2006).



Таблица 3. ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИДОННОГО СЛОЯ ТЕРМОКОС  $T_{\text{ПС}}$  И ПЕРИОД ПЕРВОЙ МОДЫ БАРОКЛИННОЙ СЕЙШИ оз. ВЕНДЮРСКОГО  $T_1$

	«Длинная» коса			«Короткая» коса		
	$T_{\text{ПС}}, \text{ч}$	$T_{\text{ПС}}, \text{мин}$	$T_1, \text{сут}$	$T_{\text{ПС}}, \text{ч}$	$T_{\text{ПС}}, \text{мин}$	$T_1, \text{сут}$
15–20.11.2007	24,6, 14,0, 11,3, 6,7, 4,5	26	11,6–9,5	3–4, 1,7, 0,8	26, 11	22,9–15,6
21–30.11.2007	21,6,13,2, 10,5, 7,1, 3,9	26	9,3	22, 12, 3–4, 1,5	24, 12	15,2
01–10.12.2007	22,4, 8,1, 3,9, 2,6	23,8	9,2	24–25, 11,5, 4–5, 1–3	26, 10	14,6
11–20.12.2007	23,6, 10,2, 6,4, 3,3	24,6, 5,9	9,3	24–26, 12	26	14,1
21–31.12.2007	11,5, 6,5, 3,7	24,7	9,5	24–26, 12	24–26	13,8
01–10.01.2008	11,6, 3,1, 1,5	24,6, 13,1	9,6	24–25	26	13,5
11–20.01.2008	7,7, 2,4	23,9, 13,4	9,7	23,8, 12	26, 27	13,5
21–31.01.2008	22,4, 12,9, 6,5, 2,4	24,8, 8,9, 6,2–5,5	9,8	23,8, 11,9	26,4	13,4
01–10.02.2008	23,6, 7,9, 2,9	24,1, 14,5, 6,1–5,3	9,9	23,6, 11,2, 3	25,9, 26,8	13,3
11–20.02.2008	24,2, 6,8, 2,6	25,1, 11,8, 6,3–5,1	10,0	24, 11, 4–5, 1–3	26,9	13,3
21–29.02.2008	12,6, 5,9, 2,3	24,4, 6,3	10,1	24,3, 11,7, 4	27,3	13,2
01–10.03.2008	11,9, 2,9	23,9, 5,9	10,1	23,6, 12,6,	26,9	13,2
11–20.03.2008	22,6, 12,1, 2,8	24,5, 11,4	10,1	23,8, 11,5, 3	26,8	13,1
21–31.03.2008	23,1, 6,2, 2,4	25,2, 11,7	10,1	23,9, 11,4	26	13
01–10.04.2008	24,1, 12,2, 6,9, 3,1	24,8, 11,6	10,1	23,3, 12,1, 4–5, 2,8	26	12,9
11–20.04.2008	11,5, 7,0, 2,9	24,3, 12,0	10,1	36		12,8
21–30.04.2008	20,9, 7,5, 3,8	26,1,14,1	10,1	25,1, 11,7, 5		12,7
01–06.05.2008	12,6, 6,9, 3,3	24,9	10,0	25,3, 11,9, 5		12,4
15.11.2007– 06.05.2008	13–15, 9–11, 5–6, 3,1– 4,1, 1,7–2,6 сут; 24, 12 ч			21, 13, 7–8, 5, 2 сут; 24 ч		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зимнее нагревание водной толщи оз. Вендюрского продолжается около 160 сут. Наиболее быстрый рост температуры воды наблюдается в придонном слое в глубоководной части озера в первые дни ледостава. Скорость роста температуры быстро снижается и начиная со второго месяца ледостава не превышает  $0,03 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{сут}^{-1}$ .

В течение всей зимы в придонном слое глубоководной части озера периодически фиксируются резкие падения температуры (в течение 1–15 мин) на величину  $0,1\text{--}0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$  с последующим плавным ростом (в течение 3–30 ч). В течение зимы наблюдается несколько периодов усиления таких колебаний продолжительностью 15–20 сут.

На протяжении зимы в придонном слое озера практически постоянно наблюдаются колебания температуры с периодами, близкими к теоретически рассчитанным периодам продольной (25–

30 мин) и поперечной (6–7 мин) сейш оз. Вендюрского, а также усиления этих колебаний с периодом, близким к суткам. Амплитуда колебаний температуры при таких короткопериодных пульсациях достигает  $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , однако в большинстве случаев составляет  $0,02\text{--}0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Основные периоды колебаний температуры воды придонного слоя озера, оцененные с помощью спектрального анализа, составляют 5–6, 23–27 мин, 1–3, 6–8, 11–12, 22–26 ч, 1,7–2,6, 3,1–4,1, 5–6, 13–15 сут. Бароклинные сейши оз. Вендюрского (период первой моды 9–13 сут) могут вносить определенный вклад в изменчивость температуры придонного слоя.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-05-00351). Авторы выражают благодарность за предоставленные данные и ценные советы сотрудникам лаборатории гидрофизики ИВПС КарНЦ РАН А. Ю. Тержевику, Н. И. Пальшину, А. В. Митрохову.

## ЛИТЕРАТУРА

- Зайков Б. Д.** Очерки по озераведению. Л.: Гидрометеиздат, 1955. 272 с.
- Кузьменко Л. Г.** Термический режим водной массы и донных отложений озера // Биологическая продуктивность озера Красного. Л.: Наука, 1976. С. 18–36.

**Литинская К. Д., Поляков Ю. К.** Озера Вендюрской группы – Урос, Риндозеро, Вендюрское // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1975. С. 57–66.

**Петров М. П., Тержевик А. Ю., Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э.** Особенности термической структуры мелководного озера в начале зимы // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 2. С. 154–162.

**Петров М. П., Терзевик А. Ю., Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э.** Движения воды в мелководном озере, покрытом льдом // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 2. С. 131–140.

**Тихомиров А. И.** Термика крупных озер. Л.: Наука, 1982. 232 с.

**Тихомиров А. И., Егоров А. Н.** Термический режим и теплозапасы // Озеро Кубенское. Ч. 1: Гидрология. Л.: Наука, 1977. С. 257–285.

**Форш Л. Ф.** Термический режим, тепловой баланс озер и роль иловой толщи в их тепловом бюджете // Озера различных ландшафтов Северо-Запада СССР. Ч. 1. Л.: Наука, 1968. С. 166–208.

**Фрейндлинг В. А.** Температурные условия водоемов // Поверхностные воды озерно-речной системы Шуи в условиях антропогенного воздействия. Петрозаводск: Карелия, 1991. С. 36–39.

**Bengtsson L., Svensson T.** Thermal regime of ice-covered Swedish lakes // Nordic Hydrol. 1996. Vol. 27, N 2. P. 39–56.

**Gill A. E.** Atmosphere-ocean dynamics. N.Y.: Acad. Press, 1982. 662 p.

**Golosov S. D., Ignatieva N. V.** Hydrothermodynamic features of mass exchange across the sediment-water interface in shallow lakes // Hydrobiologia. 1999. Vol. 408/409. P. 153–157.

**Jonas T., Terzhevik A. Y., Mironov D. V., Wuest A.** Radiatively driven convection in an ice-covered lake investigated by using temperature microstructure technique // J. Geophys. Res. 2003. Vol. 108, N C6. 3183. doi: 10.1029/2002JC001316.

**Malm J., Terzhevik A., Bengtsson L. et al.** A field study of Thermo- and Hydrodynamics in three Small Karelian Lakes during winter 1994/1995. Lund: University of Lund, 1996. 220 p.

**Malm J., Bengtsson L., Terzhevik A. et al.** A field study on currents in a shallow ice-covered lake // Limnol. Oceanogr. 1998. Vol. 43, N 7. P. 1669–1679.

**Ryazhin S. V.** Thermophysical properties of lake sediments and water-sediments heat interaction. Department of Water Resources Engineering, Institute of Technology. University of Lund. 1997. N 3214. 96 p.

## ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ КАРЕЛИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

Ю. С. Разуваева\*, М. С. Потахин\*\*

\* Карельская государственная педагогическая академия

\*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

### ВВЕДЕНИЕ

Территория Карелии обладает густой, хорошо развитой гидрографической сетью, насчитывающей около 27 тыс. рек и более 61 тыс. озер (Каталог..., 2001). Водные объекты и их ресурсы издавна привлекали людей. Первообытный человек селился преимущественно по берегам; вплоть до XX в. на территории Карелии, как правило, не встречалось ни одного поселения, расположенного вне линии озерно-речной сети. Данный факт объясняется тем, что основным источником пищи наших предков была рыба, а также тем, что зачастую водные объекты являлись единственными путями сообщения. Во времена Средневековья население Карелии стало использовать силу воды для приведения в действие мукомольных мельниц, а в начале XVIII в., с развитием дерево- и металлообработки, вододействующие установки становятся неотъемлемой частью лесопильных, чугунно- и медеплавильных заводов. С XX в., в связи с бурным развитием промышленности, использование воды в хозяйственных целях многократно возросло.

Современное использование водных объектов часто сопровождается их преобразованием. В одних случаях происходит качественное изменение состава природных вод в результате сброса в реки и озера промышленных и коммунальных стоков. В других случаях происходят количественные изменения водных объектов – увеличение площадей озер в результате образования водохранилищ, обсыхание рек в результате строительства плотин и т. д. Также появляются новые, рукотворные водные объекты, например, каналы для судоходства, лесосплава или мелиорации и др. Цель настоящей работы – проследить, как изменилась гидрографическая сеть Карелии в результате создания искусственных водоемов – водохранилищ.

### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ

В отличие от озера, водоема с естественным режимом, водохранилище является водоемом, режим которого регулируется человеком. В настоящее время существует много определений понятия «водохранилище».

По мнению А. Б. Авакяна и коллег (1987), водохранилищем следует считать искусственно созданные водоемы с замедленным водообменом, уровень которых постоянно регулируется гидротехническими сооружениями в целях накопления и последующего использования запасов вод для удовлетворения хозяйственных потребностей. Безусловно, водохранилища – это уникальные объекты, которым нет аналогов. Они, как и другие водоемы, имеют собственные характеристики и определенные процессы – генетические, морфологические, гидрологические, гидрохимические, гидробиологические. Именно на этих характеристиках основаны классификации или типизации водохранилищ с целью их систематизации.

Одной из основополагающих является типизация водохранилищ по генезису (Авакян и др., 1987), т. е. по происхождению, указывающая на способ их образования. По данному критерию выделяют следующие типы:

- *речные долинные водохранилища*, созданные путем подпора реки плотиной;
- *наливные водохранилища* создаются в естественных депрессиях, куда по каналам подаются преимущественно избыточные паводковые воды рек;
- *озерные водохранилища*, созданные путем подпора плотиной и искусственного регулирования водообмена естественных озер;
- *морские водохранилища* создаются путем отчленения от моря дамбами и плотинами эстуариев, заливов и лиманов и т. д.

По географическому положению и особенностям рельефа окружающей территории выделяют три типа водохранилищ (Авакян и др., 1987) с присущими им особенностями:

- *водохранилища равнин*, характеризующиеся большой площадью зеркала и большой площадью затопления земель, небольшой максимальной и средней глубиной, а также интенсивностью переработки берегов;
- *водохранилища предгорных и плоскогорных областей*, характеризующиеся большой максимальной и средней глубиной, высокими и крутыми берегами, меньшей, чем на равнинах, интенсивностью переработки берегов;
- *горные водохранилища*, характеризующиеся небольшой площадью подтопления и небольшим затоплением земель, чаще большими глубинами, интенсивным заполнением наносами (заилением).

Также существуют классификации водохранилищ по конфигурации, по объему, площади и глубине (т. е. морфометрическим показателям), по характеру регулирования стока,

показателям водообменности, химическому составу воды, биологической продуктивности и т. д.

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ В КАРЕЛИИ

В Карелии первые водохранилища стали возникать в начале XVIII в. для нужд заводов по выплавке железа из местных болотных руд и лесопильных заводов. Они создавались в верхних частях озерно-речных систем в результате подпора и регулирования стока относительно небольших озер плотинами. Примерами таковых являются Лососинское и Машезерское водохранилища, обеспечивавшие на протяжении многих десятилетий работу гидроустановок при Петровском, а затем Александровском заводе.

Первым крупным водохранилищем (площадью около 200 км<sup>2</sup>) на территории современной Карелии считается оз. Янисъярви. В водохранилище озеро было преобразовано в 1915 г. путем регулирования стока р. Янисьёки, на которой располагается гидроэлектростанция. В то время территория, включающая водохранилище и его водосбор, принадлежала Княжеству Финляндскому, а затем независимой Финляндии и только после советско-финской войны 1939–1940 гг. отошла к СССР, став частью Карелии.

Планомерное и целенаправленное освоение гидроресурсов Карелии началось в 1920-е гг. (Литвиненко, 2003). В это время была образована Государственная комиссия по электрификации, разработавшая план ГОЭЛРО, согласно которому планировалось строительство ряда ГЭС на реках Суна, Выге и Кемь, предполагавших создание крупных водохранилищ. Так, в нижнем течении р. Суны был создан первый крупный каскад ГЭС и зарегулированы озера Сандал (1929 г.) и Палье (1936 г.). В этот период, в первую очередь для лесосплава, в водохранилища были преобразованы озера Лижмозеро (1925 г.), Водлозеро (1934 г.), Ведлозеро (1935 г.) и др. В результате строительства ББК для судоходства был повышен уровень оз. Выгозеро (1933 г.).

Много водохранилищ было создано после Великой Отечественной войны, в основном в 1950–1960-е гг. при освоении гидроэнергоресурсов рек Свири, Ковды, Кемь, Выга и др. (Литвиненко, 2003). В этот период были заполнены такие крупные водохранилища, как Верхнесвирское (Онежское) (1951–1952 гг.), Тикшезерское (1953 г.), Ковдозерское (1955–1957 гг.), Сегозерское (1957 г.), Иовское (1960 г.), Кумское (1962–1966 гг.) и др.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НАИБОЛЕЕ КРУПНЫХ ОЗЕРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ КАРЕЛИИ (ЛИТИНСКАЯ, 1976; С ИЗМЕНЕНИЯМИ)

Водохранилище	Река / озеро	Год создания	Тип регулирования	Подпор уровня воды у плотины, м	Площадь водохранилища, км <sup>2</sup>	Площадь озера, км <sup>2</sup>	Виды использования
Водлозерское	Водла / Водлозеро	1934	Сезонное	4,0	370	–	э, л, р/х, с
Ведлозерское	Видлица / Ведлозеро	1935	Сезонное	2,7	55,5	–	л, р/х, с
Выгозерское	Ниний Выг / Выгозеро	1933	Годовое	6,0	1250	547	э, с, в, св, р/х
Иовское	Иова (Ковда) / Сумозеро, Ругозеро, Соколозеро	1960	Сезонное	36,0	294	96	э, л, р/х
Ковдозерское (Князегубское)	Ковда / Ковдозеро	1955–1957	Годовое	20,0	610	396	э, л, р/х, в
Кумское	Кума / Пяозеро, Топозеро	1962–1966	Многолетнее	33,0	1910	1 690	э, л, с, в, р/х
Лижмозерское	Лижма / Лижмозеро	1925	Сезонное	1,5	84,8	–	л
Лоймоланъярви	Тулема / Лоймоланъярви	1915	Сезонное	2,0	22,1	–	э, л, р/х, св
Ондское	Выг	1955	Сезонное	4,0	22,4	–	э, л
Верхнесвирское (Онежское)	Свирь / Онежское	1951–1952	Многолетнее	17,0	9930	9 700	э, л, с, р/х, в
Пальеозерское	Суна / Пальеозеро	1936	Годовое	2,3	109	100	э, р/х
Сандальское	Суна / Санда	1929	Многолетнее	3,1	184	157	э, с
Сегозерское	Выг / Сегозеро	1957	Многолетнее	6,0	815	762	э, л, с, св, р/х
Сундозерское	Суна / Сундозеро	1939	Сезонное	6,0	49,0	–	л
Тикшеозерское	Ковда / Тикшеозеро	1953	Сезонное	1,8	–	209	л, р/х
Тулмозерское	Тулема / Тулмозеро	1915	Многолетнее	2,0	14,7	12,2	э, л, с, р/х
Юшкозерское	Кемь / Юшкозеро, Среднее и Нижнее Куйто	1980	Многолетнее	10,0	695	430	э, л, р/х
Янисъярви	Янисъеки / Янисъярви	1915	Многолетнее	–	200	191	э, в, р/х, св

Примечание. э – энергетика, л – лесосплав, с – судоходство, св – сбросы промышленных и бытовых сточных вод, в – водоснабжение, р/х – рыбное хозяйство.

В настоящее время на территории Карелии насчитывается более 20 водохранилищ. Перечень наиболее крупных водохранилищ и основные сведения о них представлены в таблице (см. также рисунок).

#### ОСОБЕННОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ КАРЕЛИИ

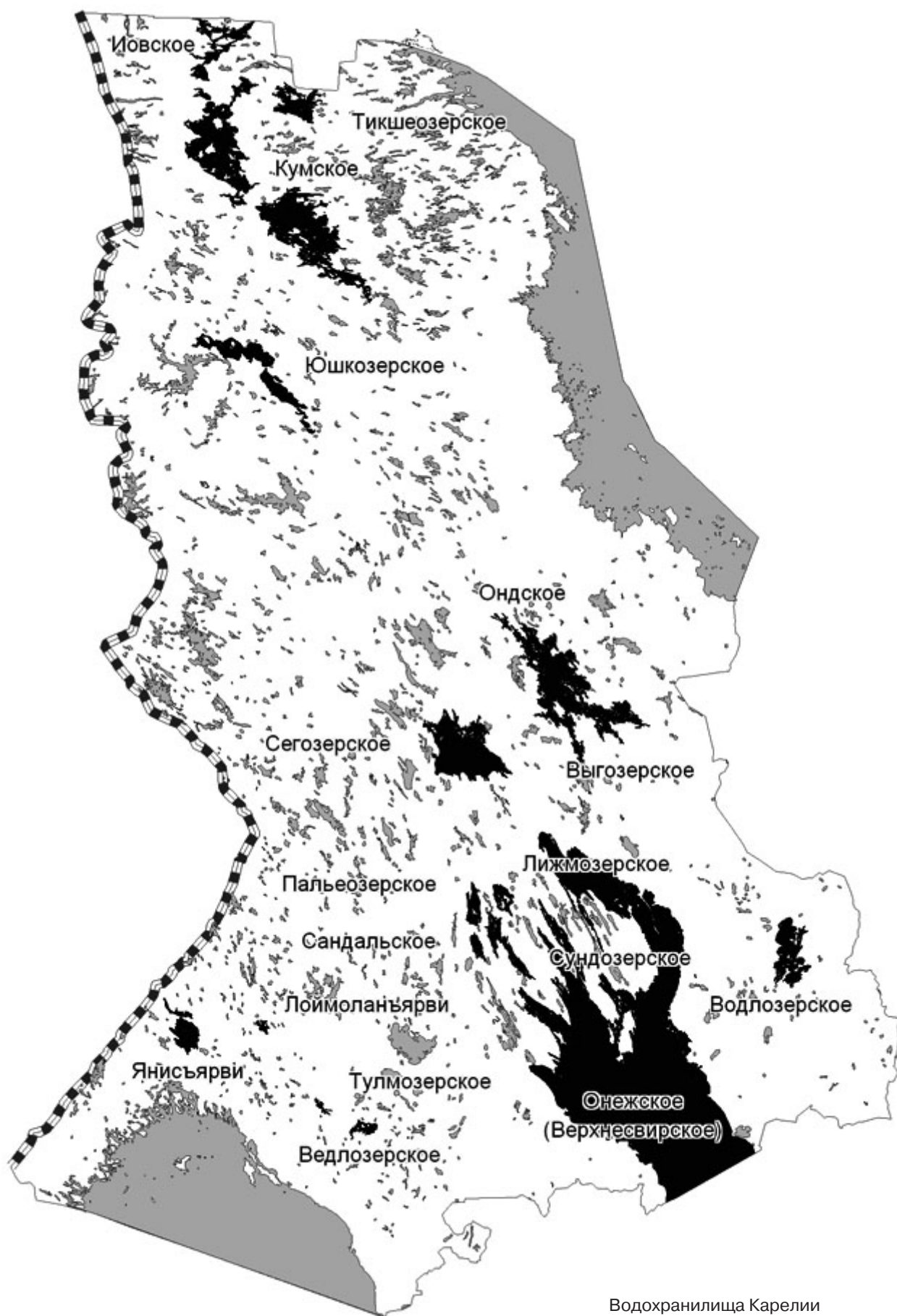
Особенности водохранилищ Карелии определяются, в первую очередь, природными характеристиками территории, а также их хозяйственным использованием. Расположение на Фенно-скандинавском кристаллическом щите, перекрытом тонким слоем четвертичных отложений, в зоне избыточного увлажнения определило особенности строения гидрографической сети – распространение так называемых озерно-речных систем. Возникшие в отрицательных формах рельефа тысячи озер привели к естественной зарегулированности стока рек, которую легко повысить, если использовать котловины озер для создания водохранилищ (Авакян и др., 1987).

Именно поэтому абсолютное большинство водохранилищ Карелии было создано в котловинах озер. Величина подпора их уровня незна-

чительна (1,0–3,0 м), но иногда достигает и до нескольких десятков метров (например, Кумское – 33 м, Иовское – 36 м). Горизонтальные характеристики водохранилищ колеблются в довольно широких пределах – от 1–2 км<sup>2</sup> до почти 10 000 км<sup>2</sup> (Верхнесвирское). Глубины многих водохранилищ значительны за счет естественной глубины озер – максимальные до 60–130 м (Ковдозерское, Сегозерское, Верхнесвирское). Водохранилища, как правило, имеют продолговатую форму, вытянуты с северо-запада на юго-восток в соответствии с направлением движения ледника. Для таких водоемов характерны сложные черты береговой линии, наличие большого количества извилистых заливов, обилие полуостровов и островов.

Как и большинство карельских водоемов, водохранилища характеризуются низким содержанием в воде биогенных веществ, а также повышенным содержанием гумусовых веществ за счет притока болотных вод. Низкое содержание биогенов в воде в сочетании с умеренным, довольно холодным типом климата определяет низкую биологическую продукцию водохранилищ (преимущественно олиготрофные водоемы).





Водохранилища Карелии

Следует еще раз подчеркнуть, что основное назначение водохранилищ Карелии, особенно крупных, – обеспечение работы гидроэлектростанций. Водоохранилища имеют большое значение и для судоходства (Нижневыгский и Свирский каскад), многие небольшие и средние водохранилища использовались для лесосплава. Водоохранилища применяются также для водоснабжения городов и поселков, на них развивается туризм и рекреация. Важнейшая черта водохранилищ Карелии – их многоцелевое использование.

## ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ

Как было отмечено, почти все карельские водохранилища созданы в котловинах озер. Их чуть более 20, это число несопоставимо в сравнении с количеством естественных водоемов, коих более 60 000.

Однако следует отметить, что большинство крупных водоемов Карелии, в том числе и Онежское озеро, в настоящее время превращено в водохранилища. Это и понятно, при зарегулировании водоема с большой площадью зеркала, даже при малом подпоре уровня, создается большой полезный объем, что позволяет проводить сезонное и многолетнее регулирование стока без существенного затопления земель (Авакян и др., 1987). Это и показывает анализ таблицы, в результате создания водохранилищ было затоплено около 2000 км<sup>2</sup> территории Карелии, что составляет чуть более 1% ее площади.

Суммарная площадь водохранилищ Карелии, без учета акватории Верхнесвирского (Онежского) водохранилища, в настоящее время составляет около 7000 км<sup>2</sup>. Суммарная площадь карельских водоемов, без учета акваторий Онежского и Ладожского озер, согласно «Каталогу озер и рек Карелии» (2001) равняется 18 000 км<sup>2</sup>. Таким образом, около 40% площади «озерного» фонда Карелии в настоящее время составляют зарегулированные водоемы – водохранилища, и этот показатель уже значителен.

Создание водохранилищ сопровождается и созданием искусственных водотоков – каналов, что также приводит к изменению гидрографической сети. Так, при строительстве Сунского

каскада ГЭС и создании Нигозерского водохранилища был прорыт канал, соединивший оз. Нигозеро и Кондопожскую губу Онежского озера, а при создании Пальеозерского водохранилища – канал, соединивший р. Суну и оз. Палье. При строительстве Выгского каскада ГЭС и создании Ондского водохранилища последнее было соединено каналом с Выгозерским водохранилищем. Создание плотин и каналов, перераспределяющих направление стока, приводит к пересыханию рек. «Классическим» примером такого изменения гидрографической сети Карелии можно считать р. Суну в нижнем своем течении (так называемая «Нижняя Суна»). В результате создания Сунского каскада ГЭС нижнее течение р. Суны было искусственно отрезано от основной системы, что нанесло непоправимый ущерб Сунским водопадам – на месте Гирваса сооружена плотина, Пор-порог полностью обсох, Кивач потерял большую часть своей мощи (Григорьев, 1961).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время зарегулированные водоемы – водохранилища – являются неотъемлемой частью ландшафта Карелии, составляя около 40% площади «озерного» фонда. Их создание не привело к существенному затоплению земель (под водохранилища занято чуть более 1% площади Карелии). В результате затопления водохранилищ не произошло и сильного изменения гидрографической сети, хотя есть и яркие примеры негативных преобразований (например, Нижняя Суна и Сунские водопады). При этом следует подчеркнуть, что создание водохранилищ сопровождается существенным изменением естественного режима водоемов (гидрологического и гидрохимического), что в свою очередь сказывается на качественном и количественном составе гидробионтов. Также происходит перестройка прибрежных геоккомплексов, изменяется мезоклимат окружающей водохранилище территории и т. д. Цель нашей дальнейшей работы как раз заключается в том, чтобы проследить, как повлияло создание водохранилищ Карелии на основные компоненты географической оболочки.

## ЛИТЕРАТУРА

**Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А.** Водоохранилища (Серия «Природа мира»). М.: Мысль, 1987. 325 с.

**Григорьев С. В.** Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск: Гос. Изд-во Карельской АССР, 1961. 140 с.

**Каталог** озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Фи-

латова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 290 с.

**Литвиненко А. В.** К истории гидроэнергетического освоения водных объектов Карелии // Экологические исследования природных вод Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. С. 21–27.

**Литинская К. Д.** Режим уровней воды озер и водохранилищ Карелии. Л.: Наука, 1976. 146 с.

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПОРОД

Е. В. Анисимова\*, Г. С. Бородулина\*\*

\* Карельская государственная педагогическая академия

\*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

## ВВЕДЕНИЕ

Формирование химического состава подземных вод является важнейшей геологической проблемой. Эмпирическая зависимость минерализации и состава подземных вод от интенсивности водообмена, а значит, и от времени соприкосновения воды с породой ставит задачу выяснения степени насыщения подземных вод относительно водовмещающих пород. В условиях зоны гипергенеза наиболее широко распространены алюмосиликатные и карбонатные породы, играющие основную роль в обогащении подземных вод химическими элементами. Особенно важным для исследования процессов формирования химического состава подземных вод Карелии представляется взаимодействие в системе вода – алюмосиликатные горные породы. На основании анализа опубликованных экспериментальных данных по разложению алюмосиликатов водой С. Л. Шварцев (1998) делает вывод, что гидролиз алюмосиликатов протекает путем полного перевода в раствор химических элементов с последующим их осаждением в виде новых вторичных минеральных фаз. Геохимическая среда, а не состав исходного минерала определяет состав формирующихся вторичных минералов. Так как часть продуктов гидролиза участвует в реакции нейтрализации, она способствует поддержанию неравновесного состояния системы вода – первичные алюмосиликаты. В работе представляются результаты физико-химического моделирования (лабораторного и компьютерного) взаимодействия порода – вода.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Лабораторное моделирование процесса выщелачивания пород проведено методом водных вытяжек в условиях различного времени соприкосновения породы с водой, степени промытости породы и насыщенности раствора углекислым газом, который является определяющим фактором в формировании химического состава подземных вод.

Выполнена серия опытов по выщелачиванию полевошпатовых кварцитов дистиллированной водой (табл. 1). Порода дробилась до фракции

<1 мм, заливалась дистиллированной водой в соотношении порода – вода 1 : 5, перемешивалась и отстаивалась различные периоды времени. В тексте используются термины «свежая» и «промытая» порода. В первом случае имеется в виду раздробленная исходная порода, во втором – та же порода, но уже использованная для одной или нескольких последовательных вытяжек. Насыщение раствора  $\text{CO}_2$  осуществлялось с помощью аппарата Киппа. После отстаивания все растворы фильтровались через стеклянные фильтры (размер пор 5 мкм) и анализировались по основным химическим показателям и компонентам (электропроводность, pH, Na, K, Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , Si, Al, P). Химические анализы выполнены по стандартным методикам.

Таблица 1. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

№ опыта	Время взаимодействия, сут	Условия опыта
1	0,007	Свежий кварцит + вода
2	1	Свежий кварцит + вода
3	43	Свежий кварцит + вода
4	43	Промытый кварцит (после опыта 1) + вода
5	1	Промытый кварцит (после опытов 1 и 5) + вода + $\text{CO}_2$
6	1	Промытый кварцит (после опыта 4) + вода
7	1	Промытый кварцит (после опытов 1, 5, 6) + вода
8	1	Промытый кварцит (после опытов 1, 5, 6, 8) + вода + $\text{CO}_2$
9	1	Промытый кварцит (после опытов 4, 7) + вода + $\text{CO}_2$
10	23	Промытый кварцит (после опыта 4, 7, 10) + вода

Расчеты степени насыщения растворов относительно широкого спектра минералов выполнены с помощью программы PHREEQC, использующей авторскую базу термодинамических данных (Parkhurst, Appelo, 1999). Вероятность осаждения твердой фазы из раствора оценивалась расчетом степени насыщения в форме индекса насыщения  $SI$  (Saturation index), учитывающего активности индивидуальных ионов в растворе

$$SI = \log \frac{\text{произведение активностей ионов}}{\text{произведение растворимости}}$$

(Драйвер, 1985). Активность индивидуальных ионов оценивалась расчетом линейных уравнений с применением констант равновесия химических реакций. Входными данными для расчета форм элементов, индекса насыщения подземных вод и других физико-химических показателей послужили результаты химических анализов опытных растворов. Концентрации алюминия, элемента необходимого для расчета равновесия с алюмосиликатами, определены не во всех растворах, поэтому для расчета принимаются медианные значения для подземных вод, формирующихся в близких по составу породах (Водные ресурсы..., 2006). Индекс насыщения для растворов может быть: 1)  $SI > 0$  (пересыщенный раствор), 2)  $SI = 0$  (насыщенный), 3)  $SI < 0$  (ненасыщенный).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных водных вытяжек получены следующие данные (табл. 2). Основными показателями, характеризующими состав

опытных растворов, являются их pH и электропроводность, значения которых в зависимости от условий опытов показывают большую вариабельность (рис. 1, 2).

На рис. 1 видно, что через 10 мин взаимодействия дистиллированной воды со свежей породой pH раствора резко увеличился – от 5,6 до 7,8, а через 1 сут взаимодействия значение выросло незначительно – до 7,98 и практически не изменилось через 43 сут (pH 8). Дистиллированная вода, взаимодействуя с промытой породой, независимо от кратности (1–4 раза) и времени (1, 23, 43 сут) промывания, образует растворы с pH 7,4–7,9. Относительно небольшое повышение pH по сравнению с дистиллированной водой (от 5,6 до 6,22–6,5) происходит в вытяжках с  $CO_2$  (рис. 1).

Таким образом, взаимодействие дистиллированной воды с кварцитом повышает pH раствора до слабощелочного, причем изменения pH растворов наиболее резко происходят в первые минуты взаимодействия породы с водой.

Таблица 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК

№ опыта	pH	æ, мкСм/см	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	SiO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ <sub>и</sub>	Al
			мг/л										мкг/л
1	7,78	92,8	3,8	3	13,1	0,6	0,05	0,27	51,9	1,1	1,6	75,1	–
2	7,98	118,3	5,6	3,8	13,6	0,8	0,07	0,31	61	3,3	4,1	92,3	–
3	8,01	167,5	6,5	5,1	22,2	1,3	0,09	1,9	92,1	3,8	4,7	136	–
4	7,91	109,8	1,7	2,9	17,5	0,6	0,12	1,8	66,1	0,5	4,1	93,8	–
5	6,22	427	0,5	1,6	80,3	0,3	0,3	17,5	273,8	0,6	1,2	359	39
6	7,71	36,2	0,9	0,6	6,1	1,1	0,05	0,2	18,3	0,3	1,4	28,7	46
7	7,39	38,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	7,57	50	0,2	0,3	10	0,16	–	–	28,1	0,2	–	–	–
9	6,5	237	1,2	0,2	49	0,8	0,2	14,6	140,8	0,8	1,4	194	–
10	8,05	111	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

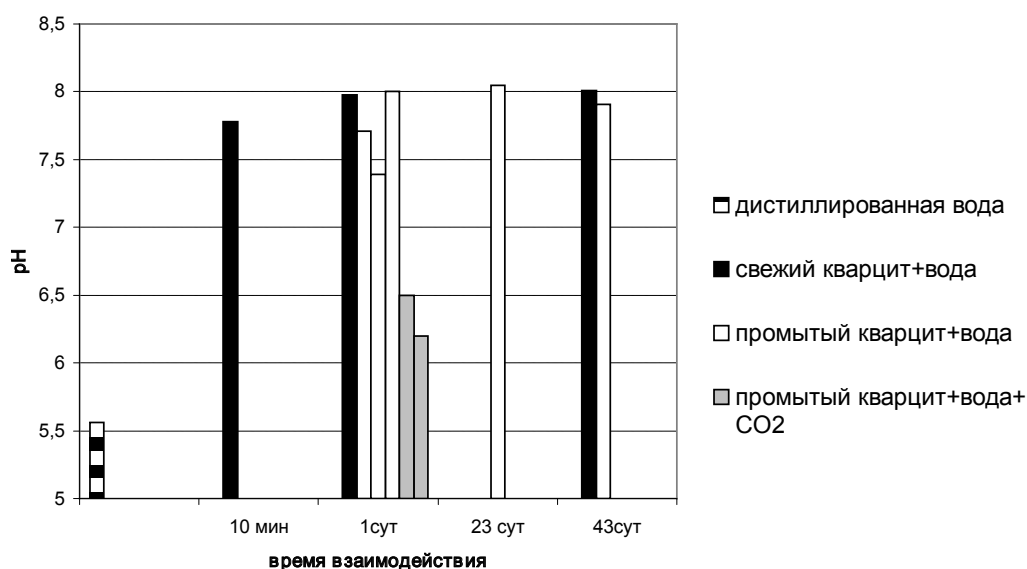


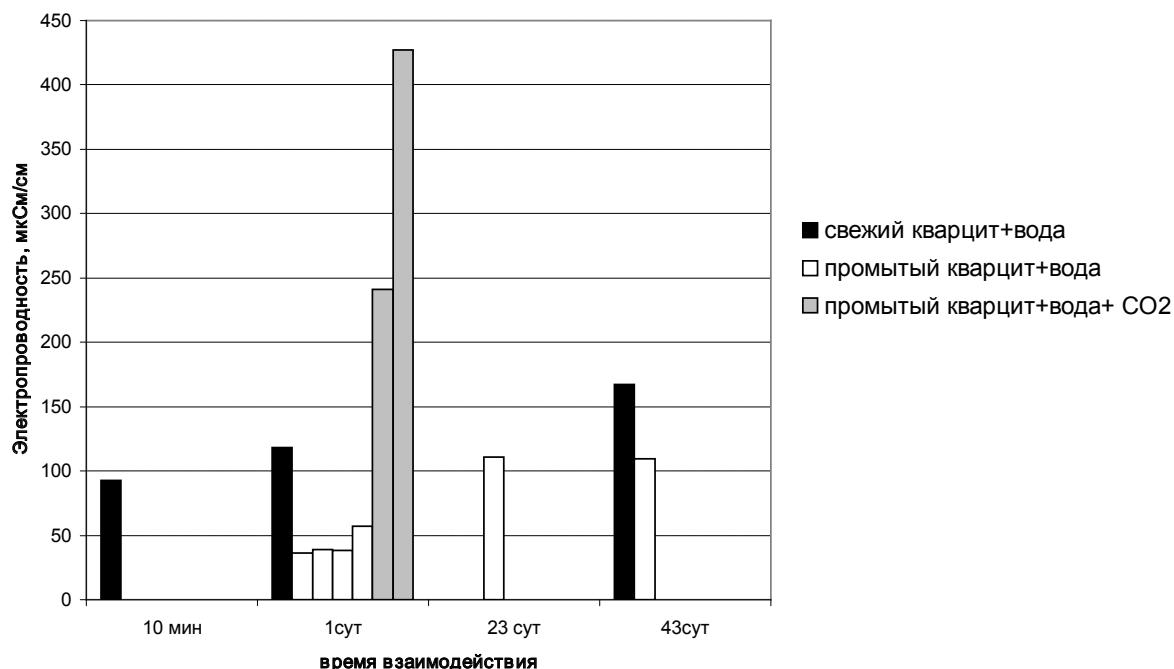
Рис. 1. Изменения pH опытных растворов



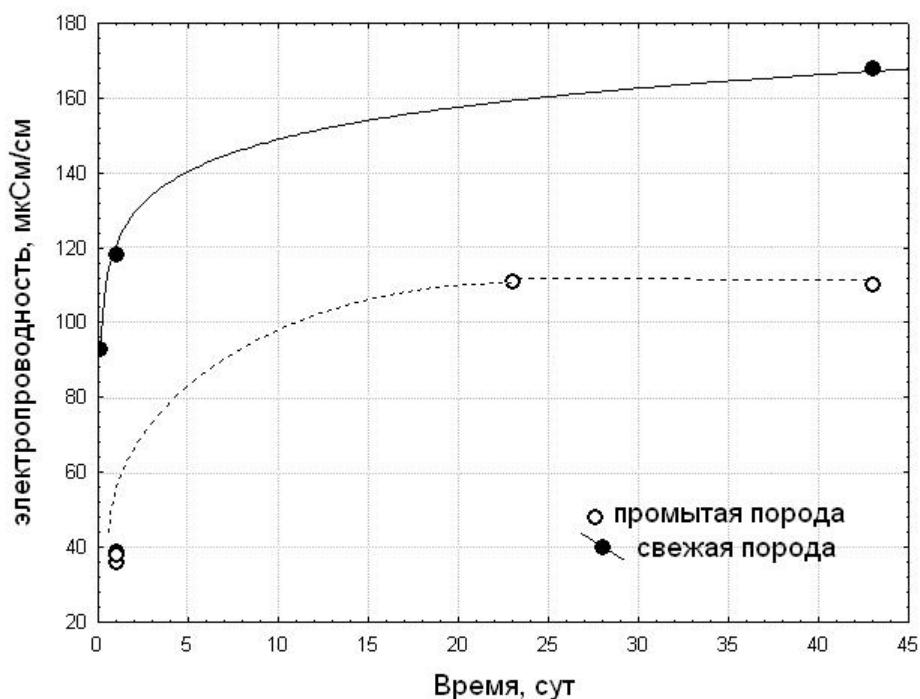
При взаимодействии воды со свежей породой через 10 мин электропроводность раствора резко увеличилась – от 1,9 до 98,2 мкСм/см (рис. 2). Дальнейший процесс выщелачивания кварцита водой замедлился: через сутки электропроводность увеличилась всего на 20% (до 118 мкСм/см) и только через 43 сут –

на 70% (до 167 мкСм/см), т. е. процесс выщелачивания не подчиняется линейному закону (рис. 3).

Вытяжки из промытой породы (независимо от кратности и продолжительности промывания) образуют менее минерализованные, чем из свежей породы, растворы. Через сутки



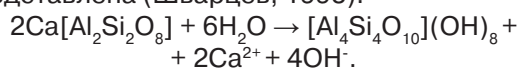
Р и с . 2 . Изменения электропроводности опытных растворов



Р и с . 3 . Зависимость электропроводности раствора от времени взаимодействия воды со свежей и промытой породой

взаимодействия с водой электропроводность растворов оказалась втрое меньше (около 40 мкСм/см), чем вытяжка из свежей породы, а через 23 и 43 сут – на треть ниже с близкими значениями (около 110 мкСм/см) (рис. 2, 3). Характер изменения электропроводности в зависимости от времени взаимодействия порода – вода одинаков для свежей и промытой породы (рис. 3).

Можно предположить, что из свежей породы в первую очередь вымываются преимущественно легкорастворимые соединения, присутствующие в породах в виде газовой-жидких включений, которые вскрываются при дроблении породы (Бородулина, 1993). После удаления их первыми вытяжками дальнейшее взаимодействие породы с водой можно представить как преобразование алюмосиликатов. Инконгруэнтное растворение алюмосиликатов обязано главным образом явлениям гидролиза, частная реакция которого для анортита, минерала из группы полевых шпатов, может быть представлена (Шварцев, 1998):



В процессе гидролиза образуется вторичный алюмосиликат (каолинит), ион кальция и группа  $\text{OH}^-$ , большая часть которой при наличии в воде  $\text{CO}_2$  нейтрализуется по схеме  $\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HCO}_3^-$ . Таким образом, взаимодействие алюмосиликатов с водой приводит к образова-

нию вторичных продуктов, растворимость которых ниже исходных, а часть продуктов гидролиза участвует в реакции нейтрализации (при участии  $\text{CO}_2$ ), которая способствует поддержанию неравновесного состояния системы вода – первичные алюмосиликаты (Шварцев, 1998). Поэтому в наших опытах при взаимодействии промытой породы с водой в условиях насыщения  $\text{CO}_2$  происходит увеличение электропроводности растворов в 5–10 раз (по сравнению с опытами в обычных условиях) в зависимости от его концентрации (рис. 4). Максимальное значение электропроводности отмечается при почти полном насыщении раствора углекислым газом.

Анализ химического состава опытных растворов подтверждает, что свежая порода содержит легкорастворимые соли, которые образуют растворы гидрокарбонатно-кальциевого состава с достаточно высокой относительной концентрацией натрия (18–23 %-экв.), калия (8–9 %-экв.), хлоридов (6–8 %-экв.) (табл. 3). Повторные вытяжки из уже промытой породы (независимо от кратности и продолжительности промывания) в открытой системе образуют растворы существенно гидрокарбонатно-кальциевого состава, а концентрации натрия не превышают 9%, хлоридов – 3%. Растворы, образующиеся в условиях насыщения углекислым газом, кальция содержат на порядок выше, чем в обычных условиях, и на 99% гидрокарбонатно-кальциевые. Кроме того, при этом в раствор переходит более высокое

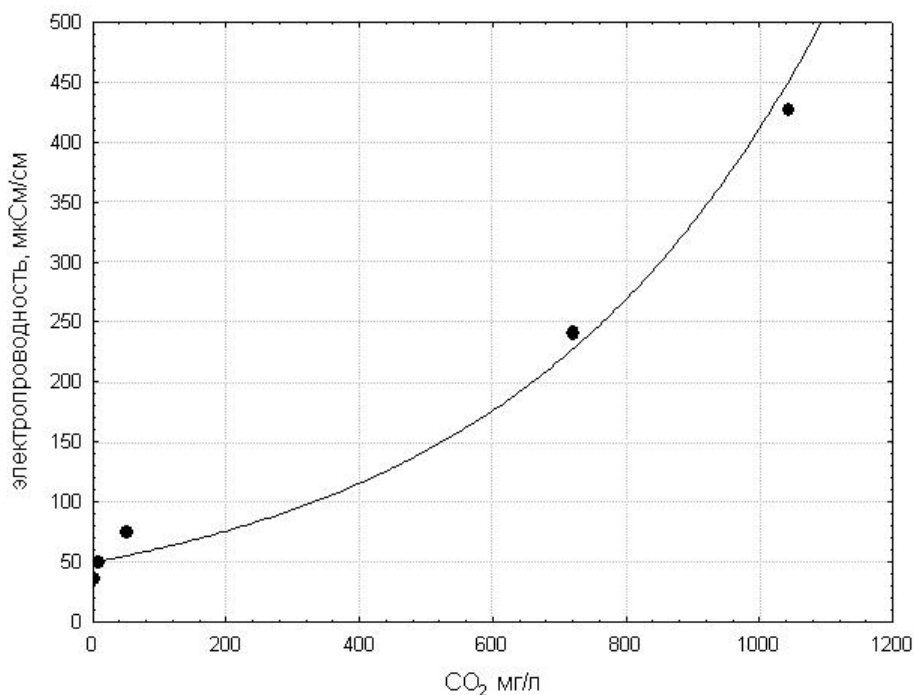


Рис. 4. Зависимость величины электропроводности раствора от концентрации  $\text{CO}_2$ .  
Время взаимодействия промытой породы с водой во всех опытах – 1 сут

Таблица 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК

№ опыта	pH	Химический состав (формула Курлова)
1	7,78	$M_{0,075} \frac{HCO_3 94 Cl3}{Ca69 Na17 K9 Mg5}$
2	7,98	$M_{0,092} \frac{HCO_3 85 Cl8 SO_3}{Ca63 Na23 K8 Mg6}$
3	8,01	$M_{0,135} \frac{HCO_3 88 Cl6 SO_6}{Ca67 Na18 K8 Mg7}$
4	7,91	$M_{0,093} \frac{HCO_3 92 Cl1 SO_7}{Ca81 Na7 K7 Mg4}$
5	6,22	$M_{0,358} \frac{HCO_3 99}{Ca98 K1}$
6	7,71	$M_{0,028} \frac{HCO_3 88 SO_4 Cl3}{Ca70 Mg19 Na9 K2}$
7	7,57	$M_{0,038} \frac{HCO_3 98 Cl2}{Ca94 Na2 K2 Mg2}$
9	6,50	$M_{0,194} \frac{HCO_3 98 SO_4^{2-} 1}{Ca^{2+} 95 Na2 Mg2}$

количество кремния (6,8–8,3 мг Si/л) и железа (0,2–0,3 мг/л) по сравнению с опытами в открытых к атмосфере условиях (0,1–1 мг Si/л и 0,05–0,12 мг Fe/л соответственно).

Для того чтобы решить вопрос, до какой стадии может проходить процесс выщелачивания

породы, т. е. возможно ли установление термодинамического равновесия воды с породой в условиях: температура 25 °С, давление 1 атм, мы провели расчет степени насыщения опытных растворов по отношению к основным породообразующим минералам и продуктам их изменения. В табл. 4 приводится краткая характеристика некоторых минералов.

Расчет индекса насыщения экспериментальных растворов относительно большого количества минералов показал, что маломинерализованные вытяжки из кварцита в открытой к атмосфере системе не насыщены по отношению ко всем минералам, за исключением оксидов и гидроксидов железа и алюминия (табл. 5, рис. 5).

Степень насыщения растворов относительно кальцита повышается с ростом минерализации, и наиболее близким к равновесию (SI = –0,05) оказался раствор, образованный в опыте № 3 (время взаимодействия 43 сут). В системе порода – вода + CO<sub>2</sub> растворы более минерализованы и уже насыщены или близки к равновесию с некоторыми вторичными алюмосиликатами (каолинит, иллит), но остаются не насыщенными по отношению к первичным алюмосиликатам и в большей степени, чем в маломинерализованных растворах, к кальциту

Таблица 4. ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОВ

Минерал	Классификация	Химическая формула	Генезис
Альбит	Каркасовые силикаты (плагноклазы)	Na[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	Магматический
Анортит	Каркасовые силикаты (плагноклазы)	Ca[Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ]	Магматический
Кальцит	Простые безводные карбонаты	CaCO <sub>3</sub>	Гипергенный, осадочный, метаморфический
Пирофиллит	Листовые силикаты, группа талька – пирофиллита	Al <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ]	Метаморфический, гидротермальный
Гематит	Простые окислы, ряд железа	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Гипергенный, метаморфический
Гетит	Простые окислы, ряд железа	HFeO <sub>2</sub>	Гипергенный, метаморфический
Гиббсит (гидроаргиллит)	Простые окислы, ряд алюминия	Al(OH) <sub>3</sub>	Гипергенный, гидротермальный
Иллит (гидромусковит)	Листовые силикаты, группа гидрослюд	(K,H <sub>3</sub> O)Al <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> [(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ]nH <sub>2</sub> O	Гипергенный
Каолинит	Листовые силикаты, группа серпентина – каолинита	Al <sub>4</sub> (OH) <sub>8</sub> [Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ]	Гипергенный, гидротермальный

Таблица 5. ИНДЕКС НАСЫЩЕНИЯ РАСТВОРОВ ОТНОСИТЕЛЬНО НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛОВ

№ опыта	Альбит	Анортит	Кальцит	Fe(OH) <sub>3</sub>	Гематит	Гетит	Иллит	Гиббсит	Каолинит	Пирофиллит
1	–8,9	–7,4	–0,7	1,6	17,0	7,4	–6,6	0,6	–1,2	–2,1
2	–8,0	–7,4	–0,5	1,8	17,4	7,7	–6,3	0,1	–1,6	–1,8
3	–6,2	–5,6	–0,1	1,8	17,5	7,7	–3,8	0,4	–0,1	0,7
4	–7,0	–6,2	–0,4	1,8	17,4	7,7	–4,5	0,2	–0,4	0,5
5	–5,5	–5,4	–1,3	–2,4	9,0	3,5	–0,7	1,6	4,3	7,0
6	–9,6	–7,3	–1,5	1,5	16,8	7,4	–6,5	1,1	–0,7	–1,8
9	–4,6	–5,4	–1,8	–1,9	9,9	3,9	–0,9	1,2	4,0	7,2

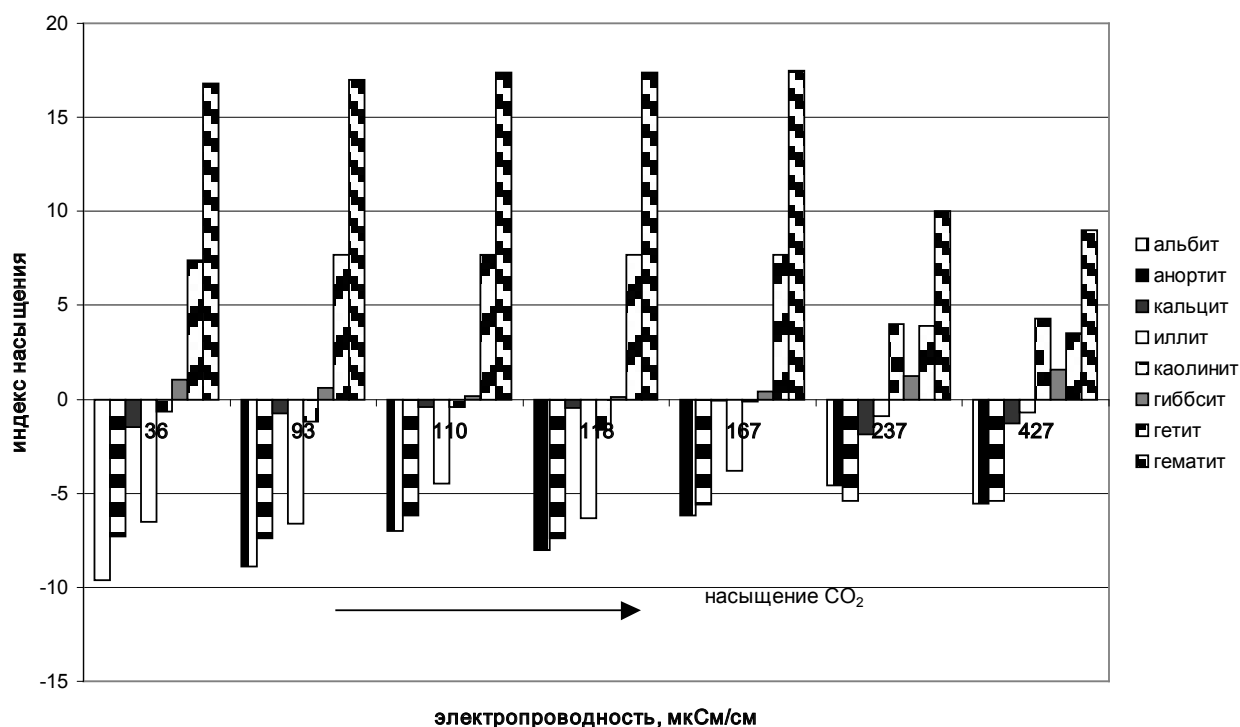


Рис. 5. Степень насыщения опытных растворов (SI) относительно некоторых минералов в зависимости от количества растворенных солей

(рис. 5). Полученные результаты свидетельствуют о том, что процесс выщелачивания является результатом неравновесности вод с первичными алюмосиликатами, а углекислый газ служит ключевым фактором в изменении равновесных условий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система вода – порода обладает многими свойствами и механизмами взаимодействия. Главный среди них – внутреннее противоречие равновесно-неравновесного ее состояния,

определяющее движущую силу взаимодействия между водой и первичной породой. Система вода –  $\text{CO}_2$  – первичные алюмосиликаты является одной из важнейших среди базовых в истории развития Земли. Однако геохимия и формирование химического состава подземных вод зоны гипергенеза остаются слабо изученными. Метод водных вытяжек является очень упрощенной моделью взаимодействия породы с водой, но, тем не менее, позволяет выяснить направленность выветривания породы и оценить ее как источник поступления химических элементов.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бородулина Г. С.** Флюидные включения в минералах как составляющая часть водорастворимого комплекса кристаллических пород // Методика исследований и гидрогеологическая зональность подземных вод Карелии. Петрозаводск, 1993. С. 11–36.

**Водные ресурсы** Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества / Ред. Н. Филатов и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 263 с.

**Драйвер Дж.** Геохимия природных вод. М.: Мир, 1985. 440 с.

**Шварцев С. Л.** Гидрогеохимия зоны гипергенеза М.: Недра, 1998. 366 с.

**Parkhurst D. L., Appelo C. A. J.** User's guide to PHREEQC (Version 2) – a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey, Denver, Water-Resources Investigations Report 99-4259. 1999.



## РАЗБАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД КОСТОМУКШСКОГО ГОКА В СИСТЕМЕ РЕКИ КЕНТИ

Н. Е. Кулакова

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

Информацию о загрязненности водного объекта от того или иного источника техногенного воздействия можно получить по кратности разбавления сточных вод, поступающих от данного источника. Для этого важно выбрать консервативные химические показатели, содержание которых в водоеме определяется только физическими факторами разбавления и не зависит от внутриводоемных процессов. Для этих целей подходят только те компоненты, концентрация которых в сточных водах существенно отличается от природных вод.

Основным фактором антропогенного воздействия на систему р. Кенти являются техногенные воды Костомукшского горно-обогатительного комбината, которые поступают в нее в результате попусков воды из хвостохранилища, с фильтрационными водами и с водами отводных каналов. К техногенным водам относятся и рудничные, которые непосредственно в саму систему не поступают, они закачиваются в хвостохранилище, где благодаря его достаточно замедленному водообмену происходит существенное изменение содержания азотистых веществ (Лозовик, 2007). Источником загрязнения также являются отвалы вскрышных пород, вода от которых поступает в северо-западный канал.

Техногенные воды отличаются высоким содержанием минеральных веществ: более половины сбрасываемых продуктов приходится на сульфаты (2050 т/год) и калий (1740 т/год). Из биогенных элементов наблюдается наибольший сброс нитратов (в среднем около 97 т/год). Из специфических веществ следует отметить литий (около 1 т/год) и никель (0,1 т/год), которые поступают в воду при технологической переработке руды (Лозовик, 2007).

Согласно данным по химическому составу техногенных вод, полученным в 2008 г., их можно кратко охарактеризовать следующим образом.

Рудничные воды являются высокоминерализованными ( $\Sigma_{\text{и}}$  – 1624 мг/л), сульфатного класса группы кальция, и по ионному составу их можно отнести к гипсовым водам (Лозовик, 2007). Кроме того, они отличаются высоким содержанием азотистых соединений ( $\text{NH}_4$  – 25 мг N/л,  $\text{NO}_3$  – 38 мг N/л,  $\text{NO}_2$  – 1,22 мг N/л), что является следствием неполного разложения взрывчатых веществ. Для рудничных вод также характерно значительное содержание металлов группы же-

леза (Mn – 1,15 мг/л, Ni – 56,6 мкг/л) и лития (65 мкг/л). При этом в них отмечено низкое содержание ОВ ( $\text{БПК}_5$  = 1,38 мг О/л,  $\text{ПО}$  = 4,1 мг О/л,  $\text{ЦВ}$  = 8 град.) и  $\text{P}_{\text{общ}}$  (19 мкг/л).

В водах хвостохранилища в отличие от рудничных в ионном составе преобладают ионы калия (54 %-экв.) и сульфаты (70 %-экв.), и в связи с этим их относят к сульфатно-калиевым. В этих водах наблюдается значительное содержание нитратов (8,0 мг N/л) и нитритов (0,37 мг N/л), тогда как концентрация аммония (0,13 мг N/л) низкая. Объясняется это тем, что слабощелочная среда ( $\text{pH}$  – 8) способствует удалению аммония, а наличие кислорода приводит к частичному окислению нитритов до нитратов (Лозовик, 2007). Из других химических показателей отмечается высокое содержание лития (100 мкг/л).

Фильтрационные воды, как и рудничные, являются сульфатно-кальциевыми, но в отличие от последних в них содержится небольшое количество лития (13 мкг/л) и азотистых веществ ( $\text{NH}_4$  – 0,015 мг N/л,  $\text{NO}_3$  – 0,47 мг N/л,  $\text{NO}_2$  – 0,001 мг N/л).

Воды отводных каналов по химическому составу относятся к сульфатно-кальциевым магниевым и выделяются повышенным содержанием лития (18 мкг/л), марганца (0,07 мг/л) и азотистых веществ по сравнению с чистыми водами региона (Поверхностные воды..., 2001).

Для оценки кратности разбавления техногенных вод в системе р. Кенти были использованы многолетние данные гидрохимических наблюдений в 1996–2008 гг.

Поскольку концентрации калия и сульфатов в техногенных водах Костомукшского ГОКа значительно превышают природные (содержание калия в 300 раз, сульфатов – 100 раз), они являются приоритетными консервативными химическими показателями, и по их содержанию можно судить о разбавлении техногенных вод в системе р. Кенти.

Расчет кратности разбавления сточных вод в точке наблюдения осуществляется по формуле:

$$K_{\text{разб}} = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{фон}}}{C_{\text{набл}} - C_{\text{фон}}}, \text{ где } C_{\text{ст}} - \text{концентрация приори-}$$

тетного консервативного вещества в сточной воде,  $C_{\text{фон}}$  и  $C_{\text{набл}}$  – его фоновая и наблюдаемая концентрация в водном объекте.

В связи с наличием большого количества источников антропогенного воздействия на систему р. Кенти сложно непосредственно оценить разбавление техногенных вод. Поэтому кратность разбавления рассчитывалась относительно вод оз. Поппалиярви (рис. 1, 2), в котором аккумулируются все техногенные воды Костомукшского ГОКа, а также относительно вод хвостохранилища (рис. 3, 4), которые вносят основной вклад в антропогенную нагрузку на систему р. Кенти. Особое внимание было уделено зимнему сезону, когда отмечается максимальное накопление техногенных вод в нижних озерах системы.

В оз. Койвас наблюдается в среднем 1,5–2,5-кратное разбавление техногенных вод по обоим показателям на протяжении всего рассматриваемого периода. В оз. Кенто разбавление изменяется в пределах 1,5–3-кратного по калию и 2–4,5-кратного по сульфатам. Оз. Ср. Куйто подвергается меньшему влиянию техногенных вод ввиду большого разбавляющего эффекта за счет вод, поступающих в устье р. Кенти из оз. В. Куйто, поэтому разбавление в нем изменяется в пределах 25–90-кратного по калию и 63–100-кратного по сульфатам. В целом же на протяжении многолетнего периода наблюдается тенденция уменьшения кратности разбавления вод оз. Поппалиярви как в нижних

озерах, так и в оз. Ср. Куйто, а непосредственно вод хвостохранилища разбавление мало меняется по годам (рис. 3, 4).

Для нижних озер системы р. Кенти кратности разбавления в последнем случае изменяются в пределах 3–10 по калию и 2–6 по сульфатам. В оз. Ср. Куйто разбавление в среднем составляет 100-кратное. Значения  $K_{\text{разб}}$  вод хвостохранилища выше, чем кратность разбавления вод оз. Поппалиярви. Это связано с тем, что концентрации калия и сульфатов в оз. Поппалиярви меньше, чем в воде хвостохранилища.

Различие в тенденциях изменения  $K_{\text{разб}}$  вод оз. Поппалиярви и хвостохранилища свидетельствует о том, что в оз. Поппалиярви поступают техногенные воды от неучтенных источников. По-видимому, это связано с ежегодным увеличением выноса веществ с отвалов вскрышных пород, что ведет к росту содержания компонентов в воде оз. Поппалиярви, а, как следствие, к уменьшению кратности разбавления.

Следует отметить, что показатель кратности разбавления сточных вод является информативным. Сопоставление параметра  $K_{\text{разб}}$  с безвредной кратностью разбавления сточных вод, получаемой в токсикологическом опыте, позволяет установить, возможно ли токсикологическое действие загрязненных вод, не проводя

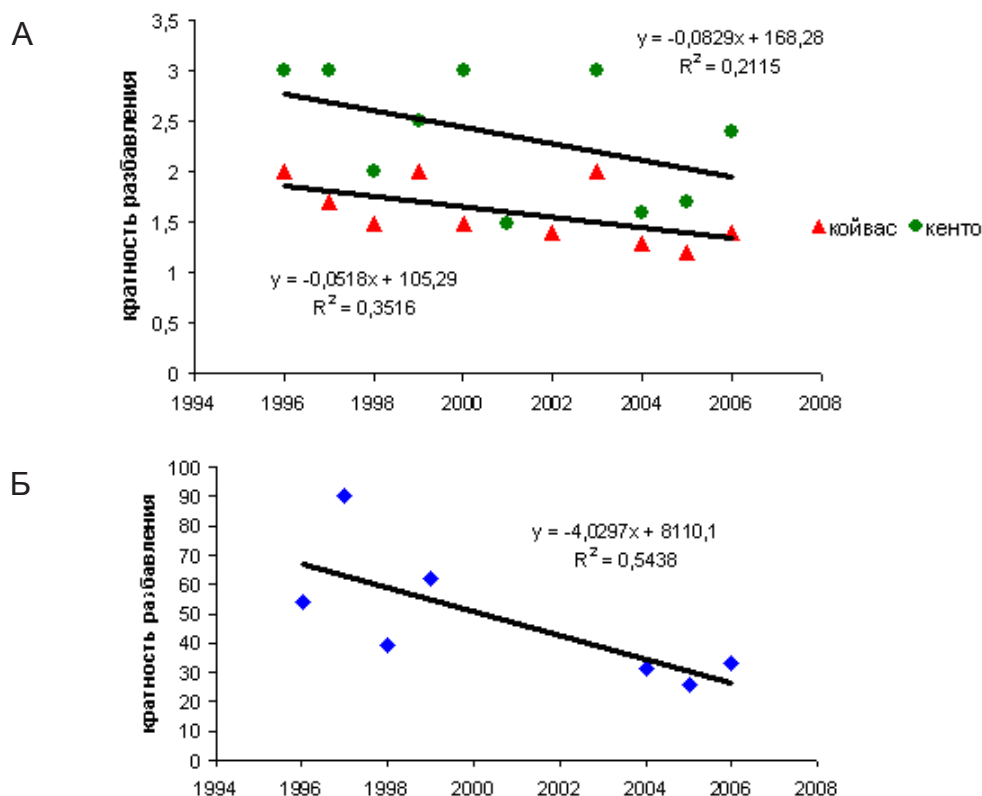


Рис. 1. Изменение кратности разбавления вод оз. Поппалиярви в нижних озерах системы р. Кенти (А) и оз. Ср. Куйто (Б) за многолетний период (по калию)

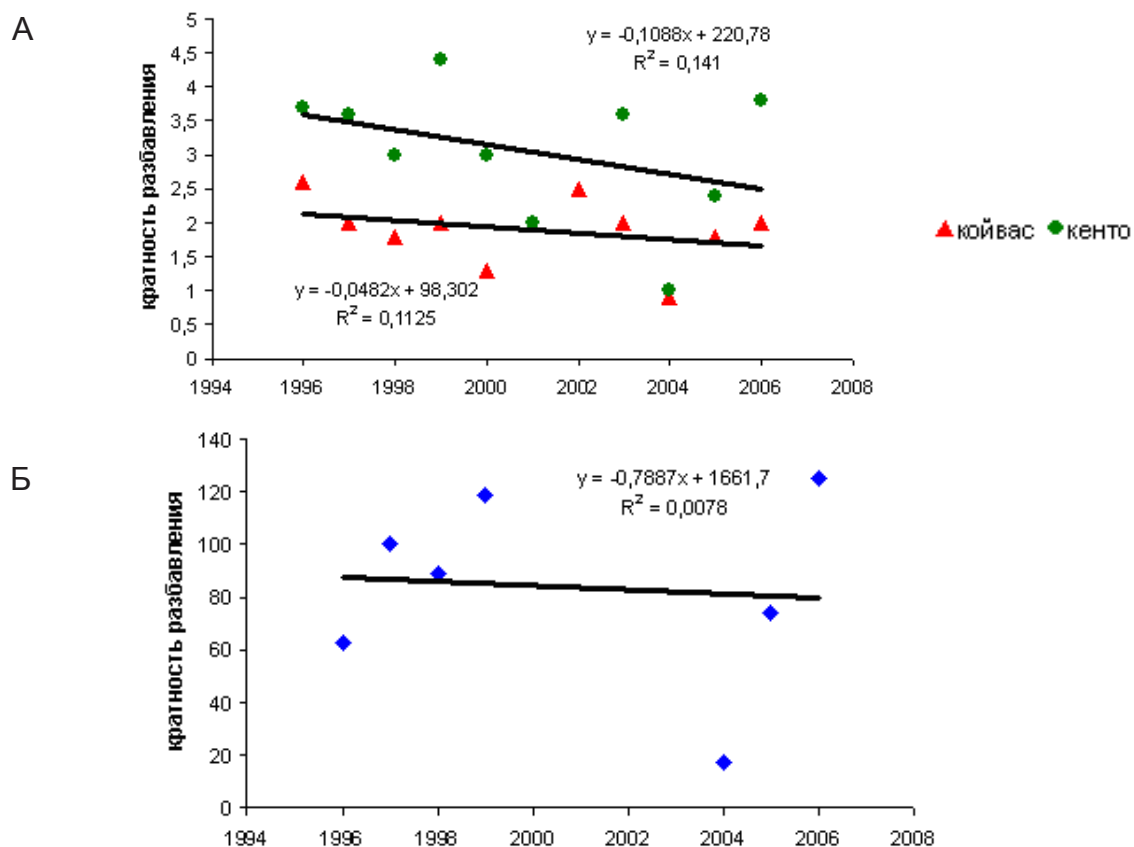


Рис. 2. Изменение кратности разбавления вод оз. Поппалиярви в нижних озерах системы р. Кенти (А) и оз. Ср. Куйто (Б) за многолетний период (по сульфатам)

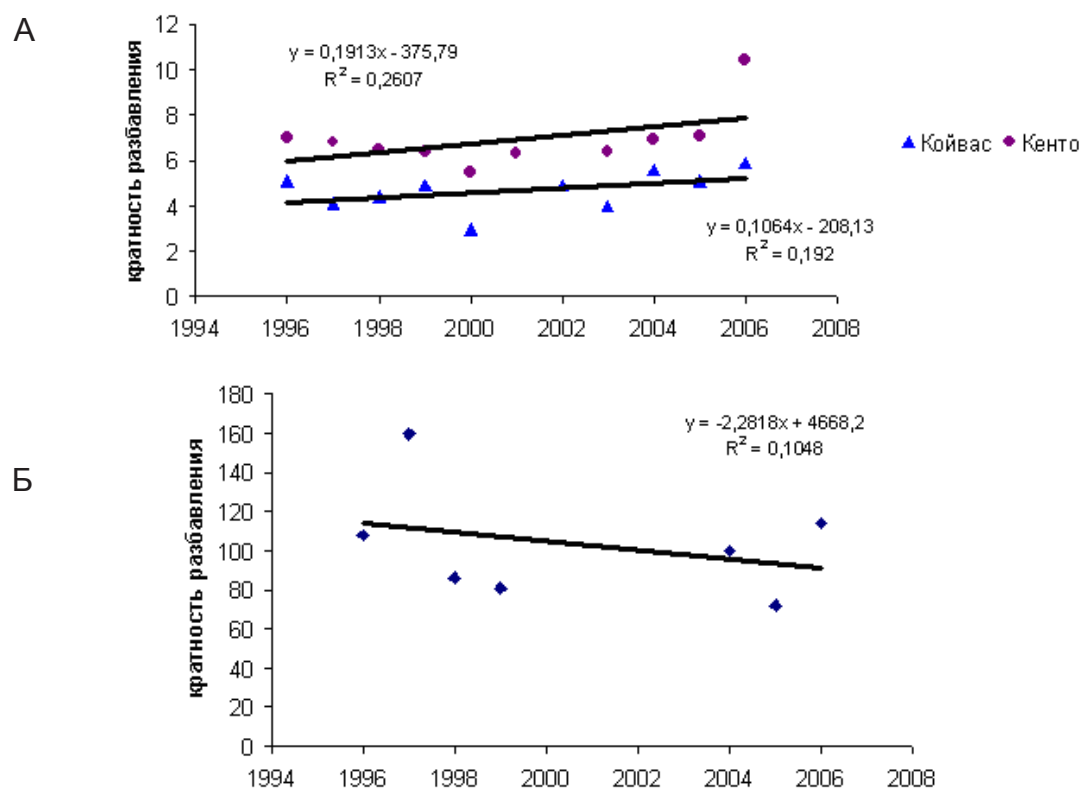


Рис. 3. Разбавление вод хвостохранилища в нижних озерах системы р. Кенти (А) и оз. Ср. Куйто (Б) за многолетний период (по калию)

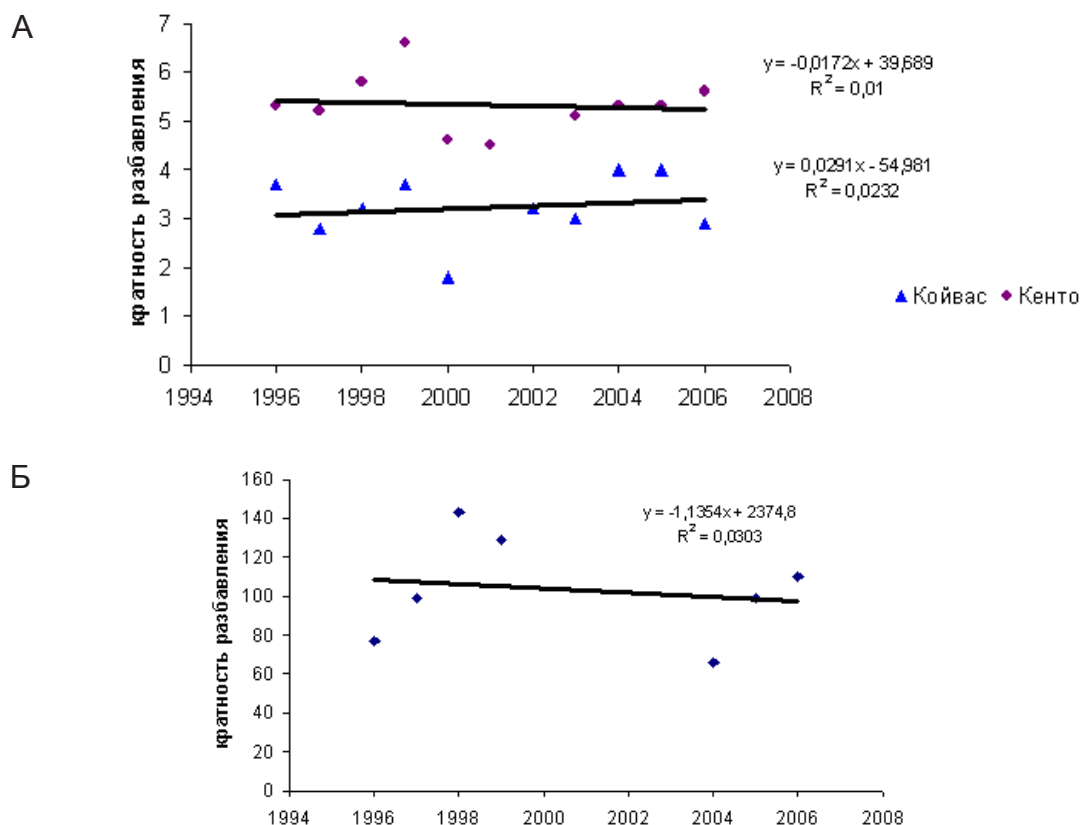


Рис. 4. Разбавление вод хвостохранилища в нижних озерах системы р. Кенти (А) и оз. Ср. Куйто (Б) за многолетний период (по сульфатам)

при этом весьма трудоемких опытов по биотестированию. Кроме того, этот показатель можно использовать для расчета нормируе-

мого допустимого сброса сточных вод, согласно методическим рекомендациям (Методика..., 2007).

## ЛИТЕРАТУРА

**Лозовик П. А.** Водоемы района Костомукши. Озерно-речная система Кенти. Общая характеристика // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 99–100.

**Методика** разработки нормативов допустимых

сбросов веществ и микроорганизмов в водные среды для водопользователей. МПР России от 17.12.2007. 41 с.

**Поверхностные воды** Калевальского района и территории Костомукши в условиях антропогенного воздействия / Отв. ред. П. А. Лозовик, С.-Л. Маркканен, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 168 с.

## ИНТЕНСИВНОСТЬ НИТРИФИКАЦИИ В ВОДЕ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

А. А. Айдинян\*, А. В. Рыжак\*\*

\* Петрозаводский государственный университет

\*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

## ВВЕДЕНИЕ

Азот в природных водах входит в состав как органических ( $N_{орг}$ ), так и минеральных соединений – нитритов ( $NO_2^-$ ) и нитратов ( $NO_3^-$ ). По-

следние являются продуктами окисления аммиака ( $NH_4^+$ ) под влиянием физико-химических и биохимических факторов. Минерализация органических веществ до  $NH_3$  (аммонификация) протекает значительно быстрее, чем их превра-



щение до  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  (нитрификация). Во втором процессе наименьшую скорость имеет первая фаза – превращение  $\text{NH}_4^+$  в  $\text{NO}_2^-$ , вторая же фаза – окисление  $\text{NO}_2^-$  в  $\text{NO}_3^-$  – протекает значительно быстрее. Нитрификация – микробиологический процесс, она связана либо с получением энергии (хемосинтез, автотрофная нитрификация), либо с защитой от активных форм кислорода, образующихся при разложении пероксида водорода (гетеротрофная нитрификация) (Кузнецов, 1970). Нитриты – неустойчивые компоненты природных вод. Наибольшая их концентрация наблюдается во время летней стагнации. При достаточной концентрации кислорода процесс окисления идет дальше под действием бактерий, и нитриты активно окисляются до нитратов. Повышенное содержание нитритов указывает на наличие процессов разложения органических веществ в условиях медленного окисления  $\text{NO}_2^-$  в  $\text{NO}_3^-$ , что указывает на загрязнение водного объекта органическими веществами, т. е. является важным санитарным показателем. Для количественной оценки способности воды к самоочищению обычно используют кинетические характеристики реакций биохимического разложения различных веществ в природной воде (Синельников, 1980). Помимо этого рассматриваются и термодинамические (активационные) параметры реакций. Особенно важны активационные характеристики при изучении зависимости скорости реакции от температуры, что дает возможность составить прогноз активности внутриводоемных превращений при изменении условий в окружающей среде (Рыжаков, 2006). Для определения интенсивности нитрификации обычно используют методы лабораторного моделирования: добавление в среду магний-аммонийфосфата (измерение «нитрификационной способности»; Кузнецов и др., 1985) или радиоуглеродный метод с использованием специфического ингибитора литотрофного окисления ионов аммония – нитрапирина (N-serve) (Somville, 1978). В данной работе скорость реакции нитрификации исследовали по методу L. W. Belser, E. L. Mays (1980). Для изучения активности нитрификации брали воду Петрозаводской губы Онежского озера. Ранее в ИВПС проводились подробные исследования содержания азотистых соединений в воде Онежского озера (Сабылина, 1999), однако кинетические и термодинамические аспекты внутриводоемных процессов с их участием не изучались. Работа производилась в рамках договора о сотрудничестве между лабораторией гидрохимии и гидрогеологии ИВПС и кафедрой общей химии ПетрГУ на 2008–2009 гг.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Воду Петрозаводской губы Онежского озера в черте г. Петрозаводска отбирали 19.06.08 г.

В пробу воды добавили ингибитор второй стадии нитрификации хлорат калия ( $\text{KClO}_3$ ) в концентрации 3 ммоль/л. В этих условиях прекращалось окисление нитритов до нитратов. Скорость реакции нитрификации определяли по накоплению ионов  $\text{NO}_2^-$  во времени.

Для определения нитрит-ионов в водах использовали N-(1-нафтил)-этилендиамин солянокислый в сочетании с сульфаниламидом (РД 52.24.381-95..., 1995). Метод предназначен для анализа поверхностных вод с содержанием нитритов от 0,003 до 0,35 мг N/л. В кислой среде  $\text{HNO}_2$  реагирует с сульфаниламидом с образованием диазониевого соединения. Последнее реагирует с N-(1-нафтил)-этилендиамин дигидрохлоридом с образованием сильноокрашенного азосоединения. Оптическую плотность окрашенного раствора определяли на фотоколориметре КФК-3 при длине волны  $\lambda$  545 нм.

До 30.06 измерения проводили только в пробе, которую хранили при комнатной температуре в темноте ( $T_{\text{ком}}$  21 °C). Затем пробу разделили. Одну часть поместили в холодильник ( $T_{\text{хол}}$  3–4 °C), а другую оставили в прежних условиях. Для обеих проб воды определяли константы скорости реакции нитрификации ( $k$ ) при различных значениях температуры по кинетическому уравнению первого порядка:

$$\ln C_2/C_1 = k(t_2 - t_1), \quad (1)$$

где  $C_1$  – концентрация нитрит-ионов в момент времени  $t_1$  и  $C_2$  – их концентрация в момент времени  $t_2$ .

Энтальпию, энтропию и свободную энергию активации рассчитывали по уравнениям (Гордон, Форд, 1976):

$$\Delta H^\circ = R \ln k_2/k_1 (1/T_1 - 1/T_2)^{-1} - RT, \quad (2)$$

$$\Delta S^\circ = 4,576 \lg(k/T) + (\Delta H^\circ/T) - 47,22, \quad (3)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ, \quad (4)$$

где  $k_2$  и  $k_1$  – константы скорости реакции при температуре  $T_2$  и  $T_1$  соответственно, а  $T$  – среднее значение температуры в интервале от  $T_1$  до  $T_2$  (K),  $R$  – газовая постоянная (8,31 Дж/моль · град).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента по накоплению нитрит-ионов в пробах воды, инкубированной при разной температуре, приведены в табл. 1. Согласно представленным в таблице данным были построены графические зависимости концентрации  $\text{NO}_2^-$  от времени для каждого значения температуры (рис.). Изменение концентрации  $\text{NO}_2^-$  начиналось только на 20-е сут.

Таблица 1. ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НИТРИТ-ИОНОВ В ПРОБАХ ВОДЫ ВО ВРЕМЕНИ

Дата	t, сут	Оптическая плотность $D_{\text{ср}} \cdot D_{\text{H}_2\text{O}}$	Концентрация (C), мг N/л
20.06.08	0	0,008	0,001
07.07.08	16	0,058 ( $T_{21^\circ\text{C}}$ )	0,003
		0,063 ( $T_{3-4^\circ\text{C}}$ )	0,004
11.07.08	20	0,364 ( $T_{21^\circ\text{C}}$ )	0,020
		0,260 ( $T_{3-4^\circ\text{C}}$ )	0,015
14.07.08	23	0,629 ( $T_{21^\circ\text{C}}$ )	0,040
		0,378 ( $T_{3-4^\circ\text{C}}$ )	0,020
16.07.08	25	0,638 ( $T_{21^\circ\text{C}}$ )	0,040
		0,445 ( $T_{3-4^\circ\text{C}}$ )	0,025
18.07.08	28	0,645 ( $T_{21^\circ\text{C}}$ )	0,040
		0,455 ( $T_{3-4^\circ\text{C}}$ )	0,025

В период с начала эксперимента до этого времени не происходило видимых изменений концентрации нитрит-ионов. Причиной этого можно считать наличие длительного инкубационного периода, связанного с недостаточно благоприятными температурными условиями, небольшой активностью нитрифицирующих бактерий. Время 16 сут можно взять как начальное  $t_0$ . Рост концентрации при  $21^\circ\text{C}$  продолжался до 23 сут, при  $3-4^\circ\text{C}$  – до 25 сут, затем концентрация установилась на одном уровне.

Как видно из графика, более значительный рост концентрации нитрит-ионов наблюдался при комнатной температуре, следовательно, активность нитрификации растет с увеличением температуры. Однозначно определить порядок реакции исходя из представленного рисунка сложно. Скорее всего, он меняется от 0 до 1. Однако литературные данные для нитрификации (Леонов, Айзатуллин, 1977)

позволяют рассматривать ее как реакцию первого порядка, что мы и использовали в наших расчетах.

Для каждой из температур были рассчитаны константы скорости реакции и активационные параметры по уравнениям (1), (2), (3) и (4). Скорость реакции нитрификации можно выразить как прирост концентрации  $\text{NO}_2^-$  за определенный временной интервал. Так, при  $3-4^\circ\text{C}$  возрастание концентрации нитрит-ионов в период с 16 по 28 сут составило 0,021 мг N/л, т. е. за одни сутки – 0,002 мг N/л·сут. Аналогичный показатель для реакции при  $21^\circ\text{C}$  равен 0,034 мг N/л за 7 сут, или 0,005 мг N/л·сут. Следовательно, при повышении температуры на  $17-18^\circ\text{C}$  скорость нитрификации возрастает в 2,5 раза. Примерно такое же соотношение наблюдается и для констант скоростей реакции (табл. 2).

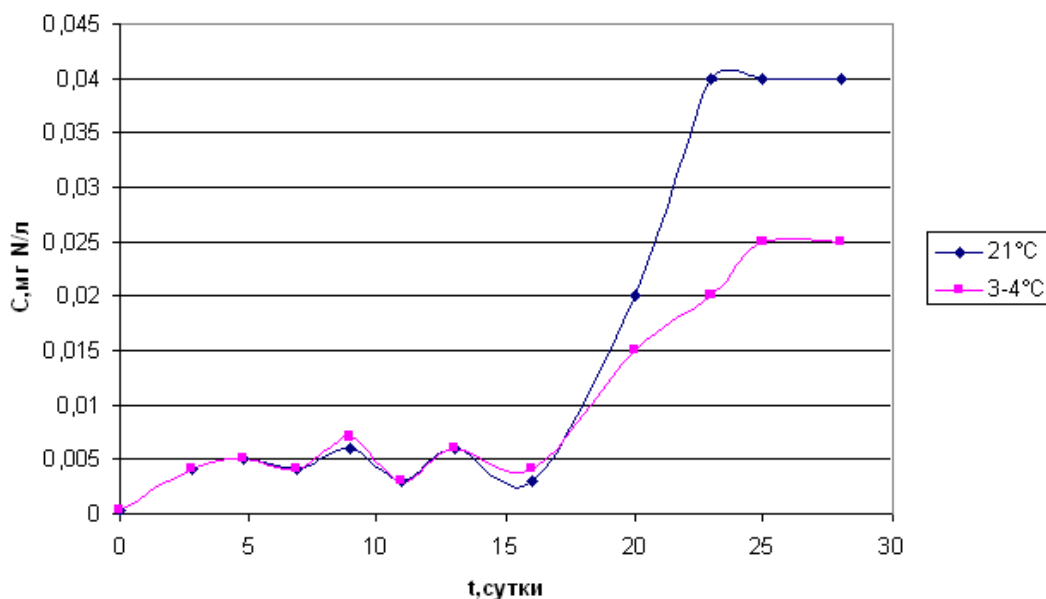
Таблица 2. КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ НИТРИФИКАЦИИ,  $\text{сут}^{-1}$

№ п/п	Температура, К	
	276	293
1	0,33	0,47
2	0,10	0,23
3	0,11	–
Среднее	0,18	0,35

Исходя из значений  $k$  был рассчитан период полупревращения ( $\tau_{1/2}$ ) по формуле для реакций первого порядка:

$$\tau_{1/2} = \ln 2/k. \quad (5)$$

Для температуры 276 и 293 К он составил 3,83 и 1,97 сут, соответственно. Как видно, при низкой температуре период полупревращения практически в 2 раза выше, чем при комнатной.



Зависимость концентрации нитрит-ионов в пробах воды от времени при разной температуре

Далее был проведен расчет активационных параметров: энтальпии, энтропии и свободной энергии активации (табл. 3).

Таблица 3. АКТИВАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИССЛЕДУЕМОЙ РЕАКЦИИ

T, K	$\Delta H^\ddagger$ , кДж·моль <sup>-1</sup>	$\Delta S^\ddagger$ , Дж·моль <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	$\Delta G^\ddagger$ , кДж·моль <sup>-1</sup>
276	26,8	-265,9	100,7
293		-265,5	104,7

Вычисленные значения  $\Delta S^\ddagger$  и  $\Delta G^\ddagger$  для 276 и 293 К приблизительно совпадают между собой. Величина энтропии имеет положительное значение. Из этого следует, что энтропия переходного состояния выше энтропии исходных веществ, а стерические требования при образовании активационного комплекса невелики. Свободная энергия активации исследуемой реакции оказывается близкой при обоих значениях температуры.

Следует отметить, что полученные нами данные об активационных параметрах реакции нитрификации приблизительно соответствуют аналогичным параметрам для реакции аммонификации, приведенным для р. Лососинки (притока Петрозаводской губы) (Рыжаков, 2006). Это может свидетельствовать о схожести механизмов этих двух процессов – биохимическом или ферментативном. Чисто химиче-

ский механизм нитрификации, связанный с окислением ионов  $\text{NH}_4^+$  под действием растворенного кислорода, не имеет существенного значения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования зависимости интенсивности нитрификации от температуры показали, что константа скорости реакции возрастает при ее увеличении. Соответственно, период полупревращения при более высокой температуре снижается. Это указывает на то, что при повышении температуры первая стадия нитрификации и весь процесс в целом ускоряются. В среднем при увеличении температуры на 17,5 °С интенсивность его возрастает в 2–2,5 раза. Вычисленные значения энтальпии, энтропии и свободной энергии активации свидетельствуют в пользу биохимического (ферментативного) механизма окисления аммиака в воде Онежского озера. Разумеется, что полученные при обработке экспериментальных данных численные значения кинетических и термодинамических параметров реакции нитрификации применимы только для условий, существующих в данном водном объекте.

## ЛИТЕРАТУРА

- Гордон А., Форд Р.** Спутник химика. М.: Мир. 1976. 158 с.
- Кузнецов С. И.** Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л.: Наука, 1970. 440 с.
- Кузнецов С. И., Саралов А. И., Назина Т. Н.** Микробиологические процессы круговорота углерода и азота в озерах. М.: Наука, 1985. 213 с.
- Леонов А. В., Айзатуллин Т. А.** Кинетика и механизм трансформации соединений биофильных элементов (С, О, N, P, S) в водных экологических системах // Итоги науки и техники. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. Т. 4. М.: ВИНТИ, 1977. С. 100–107.
- РД 52.24.381-95.** Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитритов в водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. Ростов-на-Дону: Гидрохимический ин-т, 1995. 11 с.

- Рыжаков А. В.** Активационные параметры реакций разложения азотсодержащих органических соединений в природной воде // Экологическая химия. 2006. Т. 15, вып. 4. С. 243–247.

- Сабылина А. В.** Современный гидрохимический режим озера // Онежское озеро (экологические проблемы) / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 58–108.

- Синельников В. Е.** Механизм самоочищения водоемов. М.: Стройиздат, 1980. 11 с.

- Belser L. W., Mays E. L.** Specific inhibition of nitrate oxidation by chlorate and its use assessing nitrification in solid and sediments // Appl. Environ. Microbiol. 1980. Vol. 39, N 3. P. 505–510.

- Somville M. A.** A method for the measurement of nitrification rates in water // Water Res. 1978. Vol. 12, N 10. P. 843–849.

# ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Я. О. Чекова\*, С. В. Шевель\*, И. Ю. Потапова\*\*

\* Лицей № 40

\*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

## ВВЕДЕНИЕ

На территории г. Петрозаводска проводилось изучение химического состава атмосферных осадков для оценки аэротехногенного влияния промышленного центра на загрязнение снежного покрова.

Сравнительный анализ загрязнения атмосферного воздуха в г. Петрозаводске за период с 1995 по 2007 г. показал, что наблюдается снижение выбросов загрязняющих веществ, в то же время отмечается незначительный рост выбросов оксидов азота (Государственный доклад..., 1996–2008 гг.) (рис.). Вклад автотранспорта в суммарные выбросы в г. Петрозаводске в 2007 г. составил 88%, в том числе оксида углерода – 95%, оксидов азота – 87%, летучих органических соединений – 93% (Государственный доклад..., 2008).

Пробы снега отбирались в следующих районах города: Древлянка (Лососинское шоссе), Ключевая (поликлиника № 4), Сулажгора (стадион «Динамо», ТЭЦ), Кукковка (телекомпания «Ника»), Перевалка (автовокзал), Октябрьский проспект, ул. К. Маркса, Соломенное (у лесозавода). Всего было отобрано 9 проб.

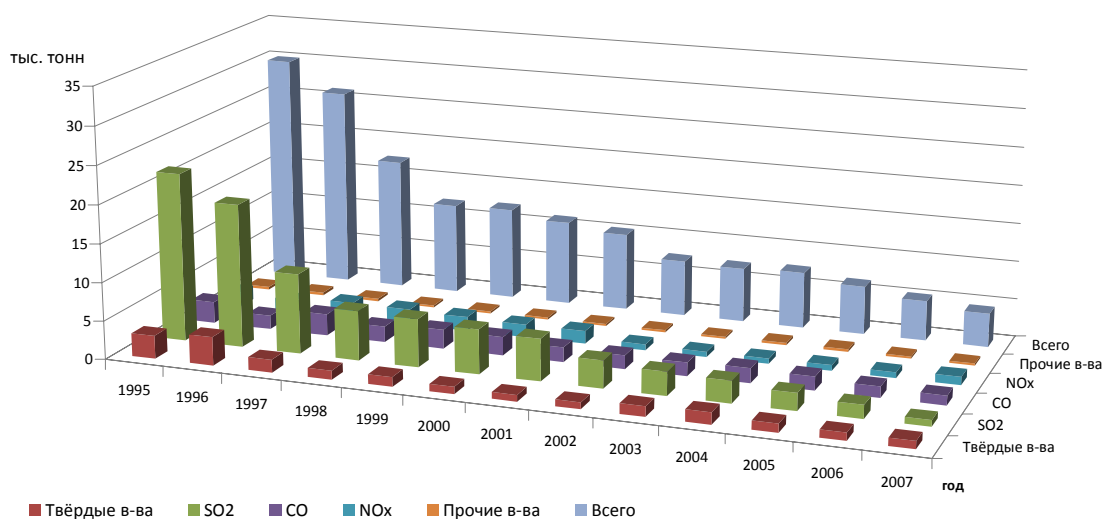
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы снега отбирались на удалении от дорог. Отбор осуществлялся пластмассовой ло-

паткой на всю глубину снежного покрова. После доставки в лабораторию снег растапливался при комнатной температуре. В талых снеговых водах были определены следующие показатели: pH, щелочность (Alk),  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ , ПО, биогенные элементы ( $P_{мин}$ ,  $P_{общ}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $N_{орг}$ ,  $N_{общ}$ ), литофильные элементы ( $Fe_{общ}$ , Al, Si), тяжелые металлы (Zn, Cu, Pb, Cd). Аналитическая работа проводилась в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН. Химический анализ проб талой воды проводился по аналогичным методикам, что и для поверхностных вод (табл. 1).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты химических анализов, величина pH талой снеговой воды на территории г. Петрозаводска изменялась в пределах от 5,95 (Кукковка, т/к «Ника») до 6,96 (ТЭЦ) (табл. 2) и в среднем составила 6,31. Это значение выше равновесного значения pH для атмосферных осадков (5,6) (Израэль и др., 1989) и выше среднего значения (4,85), полученного ранее для этого района (Лозовик, Потапова, 2006). Следует отметить, что по pH и другим показателям были использованы в качестве средних величин медианные значения.



Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за 1995–2007 гг., тыс. т



Таблица 1. МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВОДЫ

Параметр	Аналитический метод
pH	Потенциометрическое определение стеклянным электродом
Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , Mn	Пламенное атомно-абсорбционное спектрометрическое определение
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	Пламенно-фотометрическое определение
Щелочность	Потенциометрическое определение (pH 4,5–4,2)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Фотометрическое определение с Ba <sup>2+</sup> и сульфазо III, λ = 640 нм
Cl <sup>-</sup>	Фотометрическое определение с роданидом ртути и нитратом железа (III), λ = 460 нм
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Фотометрическое определение с гипохлоритом и фенолом, λ = 630 нм
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Фотометрическое определение с сульфаниламидом и N-(1-нафтил)-этилен-диамином
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Восстановление до NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> на Cd-Cu редуторе и определение NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
N <sub>общ.</sub>	Окисление K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> в щелочной среде под давлением и определение NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
P <sub>мин.</sub>	Фотометрическое определение с молибдатом аммония, λ = 882 нм
P <sub>общ.</sub>	Окисление K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> в кислой среде и определение PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Перманганатная окисляемость (ПО)	Титриметрическое определение в кислой среде по Кубелю
Al	Фотометрическое определение с эриохромцианином, λ = 540 нм
Si	Фотометрическое определение с молибдатом аммония, λ = 410 нм
Тяжелые металлы (Pb, Cu, Zn, Cd)	Атомно-абсорбционная спектрометрия с электротермической атомизацией

Содержание калия в пробах атмосферных осадков изменялось в пределах от 0,15 до 0,92 мг/л (табл. 2). Средняя концентрация этого элемента составила 0,19 мг/л, что в три раза выше фоновое значение (0,06 мг/л) (Состояние..., 2007). Максимальная концентрация (0,92 мг/л) калия обнаружена в пробе, отобранной у Соломенского лесозавода.

Содержание Mg<sup>2+</sup> в пробах осадков было достаточно низкое и варьировало в пределах от 0,01 до 0,64 мг/л (табл. 2).

Диапазон содержания натрия находился в пределах 0,25–1,71 мг/л (табл. 2). Медианные значения концентрации натрия (0,87 мг/л) в пробах снега г. Петрозаводска выше средних значений для промышленных районов Карелии (0,65 мг/л) (Состояние..., 2007). Содержание хлоридов изменялось от 0,69 до 2,64 мг/л и в среднем составило 1,60 мг/л (табл. 2). Хлориды в осадках чаще всего морского происхождения. Среднее значение концентрации хлоридов в пробах снега незагрязненных районов колеблется в пределах 0,4–0,7 мг/л, промышленных – 0,6–0,93 мг/л (Состояние..., 2007). Повышенное содержание натрия и хлоридов в осадках г. Петрозаводска, скорее всего, связано с использованием песчано-солевой смеси для посыпки дорог.

Концентрация кальция в пробах талой снеговой воды изменялась в пределах 0,62–3,45 мг/л и составила в среднем 0,91 мг/л (табл. 2), что выше не только фоновых значений (0,25 мг/л) по Карелии, но и средних значений для промышленных районов (0,30 мг/л) (Состояние..., 2007). Повышенное содержание кальция отмечено в пробах, отобранных в районе Древлянки (1,52 мг/л), Октябрьского проспекта (1,34 мг/л) и Соломенного (3,45 мг/л). Существенными источниками поступления кальция в атмосферу городской зоны являются пылевидные частицы цемента и известняка.

Во всех пробах снега присутствуют гидрокарбонаты. Щелочность талой снеговой воды изменялась в пределах от 0,49 до 2,07 мг HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/л (табл. 2). Максимальная концентрация отмечена в пробе, отобранной на Октябрьском проспекте. В этой же пробе наблюдалось повышенное содержание кальция (1,34 мг/л) и высокое значение pH (6,50).

Содержание сульфатов находилось в пределах от 1,38 до 6,77 мг/л (табл. 2). Повышенные концентрации зафиксированы у автовокзала (2,14 мг/л) и на Октябрьском проспекте

Таблица 2. ИОННЫЙ СОСТАВ (мг/л), pH И ЩЕЛОЧНОСТЬ ТАЛЫХ СНЕГОВЫХ ВОД

Место отбора	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	pH	Alk, мгHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /л
Древлянка, Лососинское шоссе	0,25	0,95	1,52	0,52	1,38	1,92	6,35	1,10
Ключевая, пол-ка № 4	0,15	1,71	0,87	0,04	1,86	2,64	6,31	1,22
Сулажгора, ст. «Динамо»	0,15	0,44	0,62	0,01	1,53	1,13	5,98	0,49
Кукковка, т/к «Ника»	0,50	0,44	0,72	0,01	1,66	1,07	5,95	0,73
Перевалка, автовокзал	0,15	0,25	0,74	0,05	2,14	0,69	5,98	0,49
ТЭЦ	0,15	0,79	0,94	0,22	1,75	1,31	6,96	1,71
Октябрьский пр-т	0,19	0,87	1,34	0,11	2,27	1,60	6,50	2,07
ул. К. Маркса	0,27	1,10	0,78	0,06	1,62	1,71	6,41	1,59
Соломенное	0,92	1,24	3,45	0,64	6,77	2,07	6,18	0,98
Статистические показатели								
Min	0,15	0,25	0,62	0,01	1,38	0,69	5,95	0,49
Max	0,92	1,71	3,45	0,64	6,77	2,64	6,96	2,07
Медиана	0,19	0,87	0,87	0,06	1,75	1,60	6,31	1,10

(2,27 мг/л). Максимальное содержание (6,77 мг/л) было обнаружено в пробе, отобранной у Соломенского лесозавода. Следует отметить, во всех пробах талой снеговой воды сульфаты представлены в виде солей.

В исследованных пробах концентрации фосфора минерального и фосфора общего колебались в пределах 1–43 мкг/л и 1,2–68 мкг/л, соответственно (табл. 3). Максимальные их концентрации обнаружены в пробах, отобранных на Кукковке ( $P_{\text{мин}} = 22$  мкг/л,  $P_{\text{общ}} = 50$  мкг/л) и в Соломенном ( $P_{\text{мин}} = 43$  мкг/л,  $P_{\text{общ}} = 68$  мкг/л).

Распределение азотистых соединений в пробах атмосферных осадков выглядело следующим образом: содержание нитратного азота находилось в пределах 0,21–1,38 мг N/л, составляя в среднем 0,24 мг N/л, что чуть выше фоновое значение (0,20 мг N/л) (Состояние..., 2007). Средняя концентрация органического азота и нитритов составила 0,03 мг N/л и 4 мкг N/л, соответственно (табл. 3). Концентрация ионов аммония изменялась от 0,33 до 0,96 мг N/л и в среднем составила 0,45 мг/л. Наибольшие концентрации нитратов (1,38 мг N/л), ионов аммония (0,96 мг N/л), органического азота (0,29 мг N/л) и нитритов (0,016 мг N/л) обнаружены в пробе снега, отобранной у Соломенского лесозавода.

Содержание органического вещества (по перманганатной окисляемости) в пробах снега находилось в пределах 0,64–5,82 мг О/л (табл. 3). Повышенная концентрация отмечена в пробе, отобранной в Соломенном (до 5,82 мг О/л), но среднее значение (1,10 мг О/л) не превышало полученного ранее – 2 мг О/л (Состояние..., 2007).

Практически все пробы снега загрязнены нефтепродуктами. Содержание нефтяных углеводородов изменялось в пределах 0,01–0,28 мг/л (табл. 3). Наиболее высокие концентрации зафиксированы в районе Древлянки (0,11 мг/л), Перевалки – у автовокзала (0,15 мг/л)

и на ул. К. Маркса (0,28 мг/л). И только в двух пробах в районе Сулажгоры содержание нефтепродуктов (0,01 мг/л) находилось ниже уровня предела обнаружения (0,02 мг/л). В целом загрязнение снежного покрова нефтепродуктами согласуется с транспортной нагрузкой в этих районах.

Что касается содержания литофильных элементов в атмосферных осадках г. Петрозаводска, то можно отметить, что повышенные концентрации  $Fe_{\text{общ}}$  наблюдались в пробах, отобранных на Октябрьском проспекте, ул. К. Маркса и в Соломенном (0,105, 0,137 и 0,398 мг/л, соответственно), для остальных проб пределы колебаний были ниже: 0,010–0,067 мг/л (табл. 4). Средняя концентрация (0,054 мг/л) этого элемента чуть выше фоновое (0,040 мг/л) (Состояние..., 2007). Содержание алюминия в пробах снега находилось в пределах от 0,01 до 0,05 мг/л (табл. 4), составляя в среднем 0,02 мг/л, и оно не превышало среднего значения (0,03 мг/л) для чистых районов Карелии (Состояние..., 2007). Наличие кремния в атмосферных осадках говорит о «загрязнении» их терригенными частицами. В исследованных снеговых пробах он находился в пределах 0,04–0,14 мг/л (табл. 4). Наибольшие его концентрации были отмечены на Ключевой (0,14 мг/л), Октябрьском проспекте (0,12 мг/л) и в Соломенном (0,14 мг/л). С учетом содержания  $Fe_{\text{общ}}$  в этих пробах следует, что в них, по-видимому, попали частички почвы.

В распределении тяжелых металлов в пробах снега наблюдалась следующая картина: максимальное содержание кадмия и свинца обнаружено в пробе у Соломенского лесозавода (0,17 и 1,56 мкг/л, соответственно) (табл. 5). В остальных пробах концентрации этих элементов были значительно ниже (до 0,09 и 0,2 мкг/л для Cd и Pb, соответственно). Повышенное содержание меди (10 мкг/л) наблюдалось в районе Сулажгоры (ТЭЦ). Пределы колебания

Таблица 3. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ТАЛЫХ СНЕГОВЫХ ВОДАХ, мг/л

Место отбора	ПО, мг О/л	Р <sub>мин</sub>	Р <sub>общ</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>орг</sub>	N <sub>общ</sub>	н/пр, мг/л
		мкг/л		мг N/л					
Древлянка, Лососинское шоссе	0,64	2,6	11,8	0,53	0,004	0,23	0,01	0,73	0,11
Ключевая, пол-ка № 4	1,29	0,2	11,9	0,52	0,002	0,30	0,11	0,93	0,05
Сулажгора, ст. «Динамо»	0,73	6,9	25,8	0,45	0,003	0,28	0,12	0,85	0,01
Кукковка, т/к «Ника»	1,10	22,2	50,4	0,33	0,002	0,24	0,16	0,73	0,02
Перевалка, автовокзал	0,64	3,0	12,8	0,44	0,003	0,21	0,03	0,68	0,15
ТЭЦ	2,20	11,8	32,6	0,33	0,005	0,22	0,03	0,59	0,01
Октябрьский пр-т	1,10	8,8	30,0	0,49	0,005	0,35	0,03	0,88	0,02
ул. К. Маркса	0,77	9,8	22,8	0,44	0,005	0,22	0,01	0,57	0,28
Соломенное	5,82	43,2	68,0	0,96	0,016	1,38	0,29	2,65	0,03
Статистические показатели									
Min	0,64	0,2	12,0	0,33	0,002	0,21	0,01	0,57	0,01
Max	5,82	43,2	68,0	0,96	0,016	1,38	0,29	2,65	0,28
Медиана	1,10	9,0	26,0	0,45	0,004	0,24	0,03	0,73	0,03

Таблица 4. ЛИТОФИЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ, мг/л

Место отбора	Fe <sub>общ</sub>	Al	Si
Древлянка, Лососинское шоссе	0,054	0,01	0,055
Ключевая, пол-ка № 4	0,031	0,02	0,137
Сулажгора, ст. «Динамо»	0,019	0,01	0,055
Кукковка, т/к «Ника»	0,010	0,01	0,041
Перевалка, автовокзал	0,067	0,02	0,055
ТЭЦ	0,044	0,02	0,062
Октябрьский пр-т	0,105	0,04	0,123
ул. К. Маркса	0,137	0,05	0,069
Соломенное	0,398	0,05	0,144
Статистические показатели			
Min	0,010	0,007	0,04
Max	0,398	0,051	0,14
Медиана	0,054	0,022	0,06

Таблица 5. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ТАЛОЙ СНЕГОВОЙ ВОДЕ, мкг/л

Место отбора	Zn	Cu	Pb	Cd
Древлянка, Лососинское шоссе	6	3,1	0,03	0,02
Ключевая, пол-ка № 4	8	2,1	0,01	0,06
Сулажгора, ст. «Динамо»	9	2,7	0,07	0,04
Кукковка, т/к «Ника»	10	3,7	0,07	0,04
Перевалка, автовокзал	21	1,9	0,20	0,05
ТЭЦ	7	10,0	0,16	0,09
Октябрьский пр-т	11	3,4	0,16	0,03
ул. К. Маркса	4	2,0	0,07	0,03
Соломенное	23	3,7	1,56	0,17
ПДК	10	1	5	5

меди в других пробах составили 1,9–3,7 мкг/л, что выше ПДК для рыбохозяйственных водоемов (табл. 5). Максимальные концентрации цинка отмечены в пробах снега, отобранных у автовокзала (21 мкг/л) и в Соломенном (23 мкг/л) (табл. 5).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Государственный доклад** о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1995–2007 гг. Петрозаводск, 1996–2008.

**Государственный доклад** о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2007 году. Петрозаводск, 2008. С. 10–16.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования атмосферных осадков на территории г. Петрозаводска показали, что в пробах снега наблюдалось повышенное содержание калия, кальция, хлорида натрия, сульфатов, общего железа. Во всех пробах обнаружены гидрокарбонаты, а сульфаты представлены в виде солей. Величина pH исследованных проб снега была выше равновесного значения для атмосферных осадков и изменялась в пределах от 5,95 до 6,96.

Атмосферные осадки отличаются повышенным содержанием биогенных элементов и незначительным количеством органического вещества. Почти все пробы снега загрязнены нефтепродуктами, что в целом согласуется с транспортной нагрузкой.

Среди тяжелых металлов во всех пробах снега было отмечено повышенное содержание меди и в некоторых пробах – цинка. Наибольшее загрязнение тяжелыми металлами характерно для проб, отобранных в районе автовокзала и ТЭЦ.

Из всех исследованных проб снега наиболее загрязненной оказалась проба, отобранная у Соломенского лесозавода, что связано, возможно, с локальным загрязнением от лесозавода и котельной, а возможно, и с попаданием частиц почвы, о чем свидетельствуют высокие значения содержания Si и Fe.

В целом полученная картина загрязненности снежного покрова является типичной для городских территорий.

**Израэль Ю. А., Назаров И. М., Филиппова Л. М. и др.** Кислотные дожди. Л., 1989. 206 с.

**Лозовик П. А., Потапова И. Ю.** Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территории Карелии // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 1. С. 111–118.

**Состояние** водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 200 с.

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУЛЬФАТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ

Н. Е. Кулакова\*, А. В. Лебедева\*\*, П. А. Лозовик\*

\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

\*\* Лицей № 40

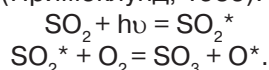
Содержание сульфатов в природных водах Карелии, в том числе и в атмосферных осадках, достаточно низкое, и существует проблема их определения различными методами. Для повышения качества выполнения анализа и получения воспроизводимых результатов была моди-

фицирована методика фотометрического определения сульфатов и применена для анализа атмосферных осадков.

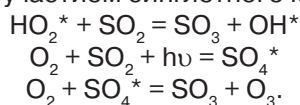
Основным антропогенным источником серы, поступающей в атмосферу, является ископаемое топливо. Соединения серы (сульфиды,

самородная сера и другие) содержатся в углях и рудах (особенно много сульфидов в бурых углях), при сжигании или обжиге которых образуются летучие соединения: оксид серы (IV) –  $\text{SO}_2$ , в меньшей степени оксид серы (VI) –  $\text{SO}_3$  и сероводород –  $\text{H}_2\text{S}$  (в малых количествах, при недостаточном обжиге или неполном сгорании, при низкой температуре). В результате сжигания ископаемого топлива в атмосферу попадают значительные количества соединений серы и главным образом в виде диоксида. Среди различных видов топлива на первом месте стоит каменный уголь, который дает 70% от антропогенных выбросов серы. Автомобильный транспорт также является источником поступления соединений серы в атмосферу (Примбклунд, 1986).

В тропосфере диоксид серы подвержен фотохимическим превращениям, поскольку при поглощении света в области 340–400 нм образуются возбужденные молекулы  $\text{SO}_2^*$  со временем жизни 8 мс. Дальнейшее окисление  $\text{SO}_2^*$  кислородом воздуха приводит к образованию  $\text{SO}_3$  (Примбклунд, 1986):



Образование  $\text{SO}_3$  может происходить в результате окисления  $\text{SO}_2$  под действием  $\text{HO}_2$ -радикалов и с участием синглетного кислорода:



Далее при взаимодействии  $\text{SO}_3$  с водой в атмосфере происходит образование серной кислоты, которая с дождевой водой и снегом падает на землю.

Существуют также естественные источники поступления серы в атмосферу. К ним относятся процессы анаэробного разложения растительных остатков, вулканическая деятельность и морские аэрозоли. При участии анаэробных микроорганизмов (действующих в отсутствие кислорода) происходят процессы разрушения органических веществ и восстановления сульфатов, благодаря чему содержащаяся в них сера переходит в газообразные соединения. Эти процессы активно протекают в болотах, у береговой линии морей, в устьях рек и некоторых почвах, содержащих большое количество органических веществ. В целом считается, что выделение серы биологическим путем достигает 30–40 млн т в год, что составляет около 1/3 всего количества серы, поступающей в атмосферу.

При извержении вулканов в атмосферу наряду с большим количеством диоксида серы попадают сероводород, сульфаты и элементарная сера. В результате извержения вулканов

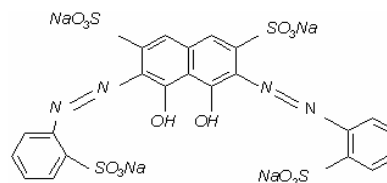
в атмосферу в среднем ежегодно поступает около 2 млн т серосодержащих соединений.

Морские аэрозоли также являются источником поступления сульфатов в атмосферу, образованию которых способствуют активные процессы газовой выделения из морской воды.

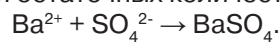
Для определения сульфатов в поверхностных водах, в том числе и в атмосферных осадках, существует много методов (Бабко, Пилипенко, 1974):

- гравиметрические (весовое определение сульфатов в виде осадка  $\text{BaSO}_4$ ),
- титриметрические (основаны на титровании сульфатов солями бария или свинца в присутствии чувствительных металлоиндикаторов),
- комплексонометрические (осаждение сульфатов хлоридом бария и обратное титрование избытка ионов бария стандартным раствором ЭДТА после удаления осадка),
- фотометрические (основаны на образовании окрашенных продуктов с ионами бария после связывания сульфатов в виде  $\text{BaSO}_4$ ),
- турбидиметрические (измерение интенсивности помутнения растворов, содержащих сульфатные ионы, в присутствии солей бария),
- ионная хроматография (разделение ионов на ионообменной колонке).

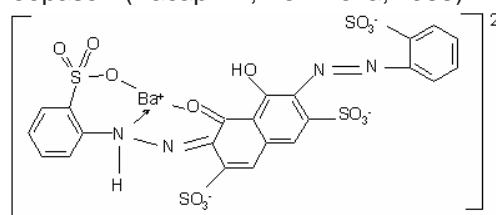
В аналитической практике широко используют фотометрические методы определения сульфатов с применением производных хромотроповой кислоты: нитрхромазо, диметилсульфоназо III, ортанилового К и др. Очень часто в качестве такого индикатора применяют сульфоназо III, или [2,7-бис(2-сульфопенилазо)] хромотроповая кислота тетранатриевая соль (Петрова, Бонвеч, 1970).



Все фотометрические методы с сульфоназо и его производными основаны на осаждении сульфатов ионами бария и фотометрическом определении остаточных количеств  $\text{Ba}^{2+}$ :



В результате взаимодействия ионов бария с сульфоназо III образуется комплекс состава 1 : 1, и строение комплексного иона выглядит следующим образом (Басаргин, Новикова, 1966):





Устойчивость окраски комплекса зависит от ряда факторов и прежде всего от pH и наличия щелочноземельных металлов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). Для устранения их мешающего влияния пробу катионируют, т. е. пропускают через колонку, заполненную катионитом КУ-2 в  $\text{H}^+$ -форме (Дедкова и др., 1982).

Зависимость оптической плотности растворов комплексов сульфазо III с барием от pH показана на рис. 1.

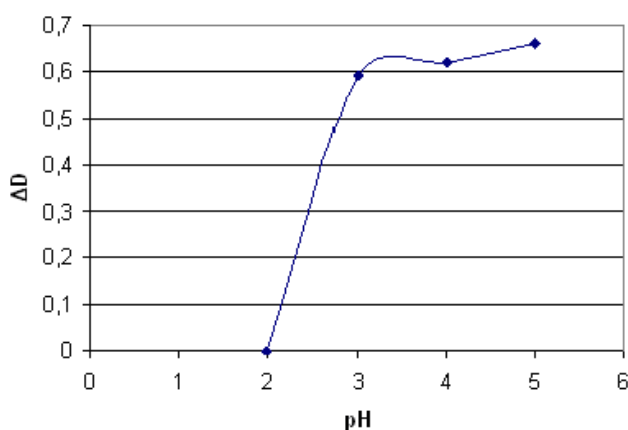


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от pH раствора

Как видно из рис. 1, в диапазоне pH 3–5 наблюдается максимальное значение оптической плотности, и в качестве оптимальной величины pH выбрано значение 3,0. Дальнейшее измерение оптической плотности показало высокую устойчивость окраски во времени (рис. 2), что является большим выигрышем методики, так как все проводимые при анализе процедуры требуют временных затрат.

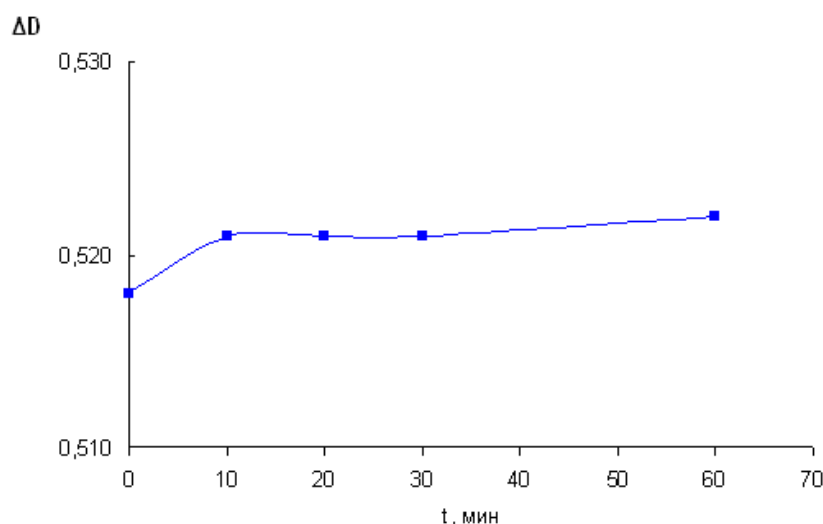


Рис. 2. Устойчивость окраски комплекса барий-сульфазо III во времени

Опыт проведения анализа сульфатов с использованием сульфазо III в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН показал, что основным недостатком метода является низкая воспроизводимость градуировочных графиков. Для его устранения при построении градуировочных графиков предложено использовать не абсолютные значения оптических плотностей, а разность:  $\Delta D = D_{640} - D_{615}$  (рис. 3).

В результате такого подхода удалось получить воспроизводимые калибровочные графики (рис. 4) и хорошую сходимость данных анализа с образцами внутреннего контроля (табл. 1).

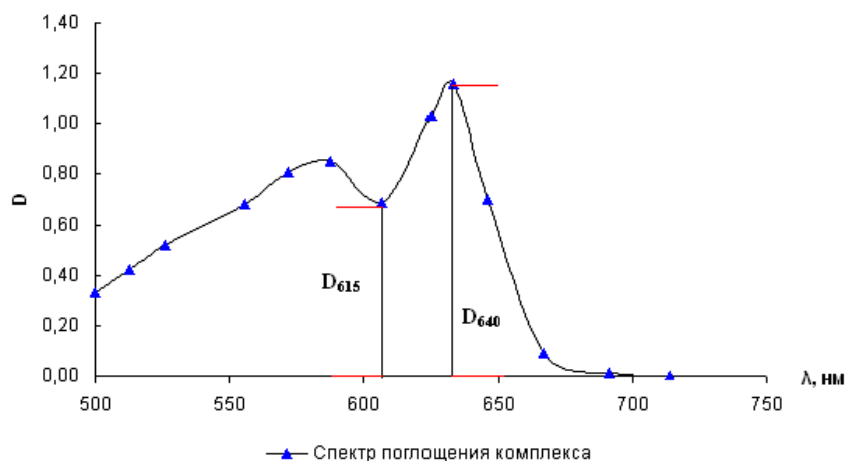
Таблица 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТОВ МЕТОДОМ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ

	С ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), мг/дм <sup>3</sup>	С ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) опр., мг/дм <sup>3</sup>	δ, %
Стандартный раствор	2,0	2,05	2,5
Стандартный раствор	4,0	4,06	1,5
Проба	Проба	1,53	–
Внутренний контроль	Проба + 2,0 мг/л	3,61 (2,08*)	4,0

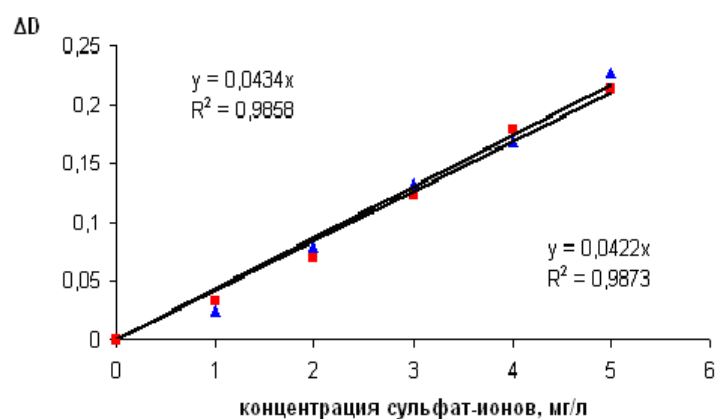
Примечание. \* – результат внутреннего контроля.

Как видно из табл. 1, получаются весьма хорошие результаты анализа сульфатов на стандартных образцах.

Новая методика была применена при определении  $\text{SO}_4^{2-}$  в пробах снега, отобранных на территории г. Петрозаводска в декабре 2008 г. Кроме того, была рассчитана доля сульфатов техногенного происхождения по отношению сульфатов к хлоридам в морских аэрозолях (Корж, 1971) (табл. 2).



Р и с . 3 . Спектр поглощения комплекса бария с сульфозао III



Р и с . 4 . Градуировочные графики на сульфаты, выполненные в разное время (ноябрь и декабрь 2008 г.)

Таблица 2. СОДЕРЖАНИЕ СУЛЬФАТОВ В ПРОБАХ СНЕГА, ОТОБРАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ г. ПЕТРОЗАВОДСКА, И ДОЛЯ СУЛЬФАТОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Место отбора пробы	Номер пробы	С ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), мг/л	Доля сульфатов техногенного происхождения, %
Древлянка, Лососинское шоссе	17сн	1,4	91
Ключевая, пол-ка № 4	18сн	1,9	93
Пятый поселок, стадион «Динамо»	19сн	1,5	92
Кукковка, торговый центр «Ника»	20сн	1,7	92
Автовокзал	21сн	2,1	94
Сулажгора, ТЭЦ	22сн	1,8	93
Октябрьский пр-т	23сн	2,3	94
ул. К. Маркса	24сн	1,6	92
Соломенное (центр)	25сн	6,8	98

В целом на территории города содержание сульфатов невысокое, за исключением станции в районе Соломенное. В то же время доля сульфатов техногенного происхождения достаточно большая (91–98%) по сравнению с долей сульфатов природного генезиса (2–9%).

#### ЛИТЕРАТУРА

**Бабко А. К., Пилипенко А. Т.** Методы определения металлов. М.: Химия, 1974. 360 с.

Таким образом, применение нового подхода к анализу сульфатов позволило получить воспроизводимый градуировочный график, улучшить сходимость результатов анализа с образцами внутреннего контроля и в рамках международного сличения.

**Басаргин Н. Н., Меньшикова В. Л., Белова З. С., Мясничева Л. Г.** Фотометрическое определение микроколичеств сульфат-ионов или серы с применением нитхромазо // Журнал аналитической химии. 1968. Т. 23, вып. 5. С. 732–735.

**Дедкова В. П., Акимова Т. Г., Савин С. Б.** Фотометрическое определение сульфат-ионов реагентом Ортаниловым К // Там же. 1982. Т. 36, № 7. С. 1358–1361.

**Корж В. Д.** Расчет соотношений химических компонентов морской воды, переходящих из океана в атмосферу при испарении // Океанология. 1971. Т. 11, вып. 5. С. 881–888.

**Петрова Г. С., Бонвеч Т. В.** Органические реактивы для определения неорганических ионов. М.: НИИТЭХИМ, 1970.

**Примблунд Д.** Химия атмосферы. М.: Мир, 1986. 350 с.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ РЕКИ СУНЫ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ ФЛОРЫ

И. П. Сочнева

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

### ВВЕДЕНИЕ

Река Суна – второй по длине и третий по площади водосбора приток Онежского озера, что определяет актуальность оценки ее экологического состояния (Состояние водных объектов..., 2007). В среднем участке река не испытывает существенного влияния человека, поскольку протекает по территории заповедника «Кивач». Нижний участок реки подвержен антропогенному воздействию, так как в устье реки расположен животноводческий комплекс.

Высшие водные и прибрежно-водные растения являются яркими индикаторами трофического статуса водных экосистем (Фрейндлинг, 1982). В связи с этим была поставлена цель исследований – оценить состояние различных участков р. Суны на основе изучения прибрежно-водной флоры.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) определение видов высших сосудистых растений прибрежно-водной зоны р. Суны;
- 2) проведение таксономического и экологического анализа прибрежно-водной флоры;
- 3) изучение распространения индикаторных видов водной растительности р. Суны (в пределах заповедника и в устье).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовалась р. Суна (старое естественное русло), протекающая в средней части Карелии. Схема озерно-речной системы р. Суны представлена на рис. 1. Река вытекает из небольшого озера Кивиярви, лежащего в отрогах Западно-Карельской возвышенности. Река пересекает заповедник «Кивач» с северо-запада на юго-восток, в его пределах ее озерность составляет 30%. Впадает река в Кондопожскую

губу Онежского озера, в районе села Янишполе (Ивантер, Тихомиров, 1988).

В режиме реки выделяются три основных периода. Первый этап – естественное состояние водного режима (до 1929 г.). Средний многолетний расход воды в этот период составлял 69,2 м<sup>3</sup>/с. На втором этапе, после строительства Гирвасской плотины, существенно изменился гидрологический режим реки. От общего объема стока осталось всего 10% (Литвиненко, 1999). В этот же период (до 1973 г.) по реке осуществлялся лесосплав. Третий этап начался после прекращения лесосплава и продолжается до сих пор.

В настоящее время верхний и средний участки реки длиной 217 км остались в прежнем состоянии. Участок от Гирвасской плотины до устья (так называемое «старое русло») стал представлять собой отдельную реку длиной



Р и с . 1 . Современное состояние р. Суны после строительства каскада ГЭС (по: Литвиненко, 1999):

ст. 1 – станция на территории заповедника «Кивач»,  
ст. 2 – станция в устье реки

63 км с установившимся гидрологическим режимом (см. рис. 1). Сток на этом участке реки стал формироваться за счет боковой приточности с площади 1830 км<sup>2</sup>.

Полевой сбор материала проводился в государственном природном заповеднике «Кивач» (станция 1) и в устье реки (станция 2) в течение полевых сезонов 2006–2008 гг. Территория р. Суны была обследована маршрутно-рекогносцировочным методом. Было заложено 5 геоботанических профилей в заповеднике и 4 геоботанических профиля в устье реки.

В заповеднике (станция 1) выделили следующие участки, на которых закладывали профили:

1) левый берег в 4 км выше водопада Кивач (бывшая лодочная станция): заиленный переувлажненный берег реки, течение медленное (0,5 м/с);

2) правый берег в 2,5 км выше водопада Кивач: подтопленный заиленный пологий берег, течение медленное (0,5 м/с);

3) правый берег в 2 км выше водопада Кивач (у подвесного моста): выходы скальных пород, быстрое течение (1 м/с);

4) левый берег в 500 м ниже водопада Кивач: каменистый пологий берег; средняя скорость течения (0,8 м/с);

5) левый берег в 6 км ниже водопада Кивач: заиленная старица у крутого склона, каменистый берег, течение медленное (0,5 м/с).

В устье реки профили закладывали на следующих участках:

1) правый берег примерно в 700 м выше по течению от моста через реку (бывший лодочный сарай): подтопленный заиленный пологий берег, медленное течение (0,1 м/с);

2) правый берег у моста через реку (заброшенный лодочный причал): пологий берег, средняя скорость течения (0,3 м/с);

3) левый берег у моста, причал: подтопленный пологий берег, средняя скорость течения (0,3 м/с);

4) левый берег в 500 м ниже по течению от моста через реку, причал, непосредственно с местом впадения реки в Кондопожскую губу Онежского озера: заиленный пологий берег, средняя скорость течения (0,4 м/с).

Учитывались гидрологические условия водоема: глубина, прозрачность и скорость течения воды, изрезанность береговой линии, характер грунта. Нижняя граница профиля определялась по глубине проникновения в водоем воздушно-водных растений. Она располагается на высотном градиенте на отметке в 2,0–2,5 м (при средненизком уровне воды в летнюю межень). Верхняя граница была проведена по

наличию изменений в характере растительности, уже определяемой как плакорной.

Скорость течения реки измеряли по времени, необходимому плавающему предмету для того, чтобы пройти определенное расстояние. Количественное выражение степени сходства между флорой исследованных профилей определяли с помощью коэффициента флористического сходства Жаккара (KJ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На исследованных территориях прибрежно-водная флора включает в себя 141 вид высших сосудистых растений, относящихся к 102 родам и 40 семействам из 5 классов и 4 отделов. Соотношение числа семейств, родов и видов на исследуемых станциях примерно равное, с небольшим преимуществом в разнообразии в заповеднике (табл. 1).

Таблица 1. ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ ФЛОРЫ р. СУНЫ, %

Показатель	Флора в заповеднике «Кивач» (ст. 1)	Флора в устье реки (ст. 2)	Флора в целом
Число семейств	35 (88)	30 (75)	40 (100)
Число родов	72 (71)	65 (64)	102 (100)
Число видов	92 (65)	88 (63)	141 (100)

По видовому составу среди цветковых растений преобладают двудольные: 62 вида на станции 1 и 46 – на станции 2 (табл. 2), что обусловлено большей долей береговых растений, которые в водной среде встречаются нечасто и обильны лишь при низком уровне воды (*Lythrum salicaria* L., *Caltha palustris* L.). В то же время из полученных данных видно, что на станции 2 число видов однодольных (40) больше, чем на станции 1 (30), за счет большего числа истинно-водных видов (виды рода *Potamogeton*, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Lemna trisulca* L.), отмеченных в прибрежной зоне на станции 2 (см. табл. 2).

Таблица 2. ЧИСЛО ВИДОВ, РОДОВ И СЕМЕЙСТВ ПО КЛАССАМ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ В ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ ФЛОРЕ р. СУНЫ, %

Показатель	Magnoliopsida		Liliopsida	
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 1	Ст. 2
Число семейств	23 (72)	19 (66)	9 (28)	10 (34)
Число родов	50 (72)	39 (61)	19 (28)	25 (39)
Число видов	62 (71)	46 (53)	30 (29)	40 (47)

На долю ведущих семейств приходится больше половины всех видов (63% в заповеднике и 65% в устье). Списки ведущих семейств в обеих точках во многом совпадают – 8 из 10 семейств являются общими (*Poaceae*, *Cyperaceae*,



*Asteraceae, Rosaceae, Lamiaceae, Rubiaceae, Apiaceae, Ranunculaceae*). Особенностью списка ведущих семейств в заповеднике является то, что семейство *Scrophulariaceae* входит в тройку лидеров за счет таких видов, как *Pseudolysimachion longifolium* (L.) Opiz, *Rhinanthus minor* L., *Veronica scutellata* L., *Melampyrum pratense* L., а в устье это семейство не вошло даже в первую десятку. На обеих станциях доминируют виды из семейства *Poaceae*.

Анализ родового спектра показал, что в прибрежно-водной флоре в заповеднике и в устье лидерами являются рода *Carex* (5 и 7 видов, соответственно) и *Poa* (5 и 4 вида, соответственно).

Сравнение прибрежно-водной флоры р. Суны на профилях в пределах заповедника показало, что по флористическому составу наиболее различаются профили 1 и 5 ( $KJ = 0,19$ ), соответственно, выше по течению от водопада Кивач и ниже по течению (табл. 3). Профили 1 и 5 заложены на участках, где скорость течения одинаковая, но различен характер подстилающих грунтов. Последняя характеристика среды оказывает существенное влияние на состав и распределение растений в прибрежно-водной зоне. Наиболее сходны 1 и 2 профили, которые расположены выше по течению от водопада Кивач. На этих профилях все характеристики среды (гидрологический режим, характер подстилающих грунтов, изрезанность береговой линии) близки.

Таблица 3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СХОДСТВА ПО ПРОФИЛЯМ В ЗАПОВЕДНИКЕ «КИВАЧ» (коэффициент Жаккара)

	Профиль 1	Профиль 2	Профиль 3	Профиль 4
Профиль 2	0,42			
Профиль 3	0,32	0,34		
Профиль 4	0,27	0,20	0,22	
Профиль 5	0,19	0,30	0,21	0,20

Сравнение прибрежно-водной флоры на профилях в устье р. Суны (станция 2) показало, что по флористическому составу наиболее различаются профили 1 и 4 ( $KJ = 0,16$ ) (табл. 4).

Эти профили различаются только по скорости течения. На профиле 4 по сравнению с профилем 1 более быстрое течение. Наиболее сходны профили 2 и 3 – все характеристики среды здесь оказались сходными (средняя скорость течения, пологий заиленный берег).

Таблица 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СХОДСТВА ПО ПРОФИЛЯМ В УСТЬЕ (коэффициент Жаккара)

	Профиль 1	Профиль 2	Профиль 3
Профиль 2	0,30		
Профиль 3	0,28	0,40	
Профиль 4	0,16	0,20	0,30

Был выполнен сравнительный анализ флоры на двух станциях по отношению растений к влажности и трофическим условиям. Особенностью распределения видов растений по отношению к влажности явилось то, что в устье реки в прибрежной зоне выше доля гидрофитов (20%), в то время как в заповеднике эта доля составляет всего 8% (рис. 2). Это связано с большим поступлением биогенных элементов в устье реки, способствующим усиленному развитию водной растительности.

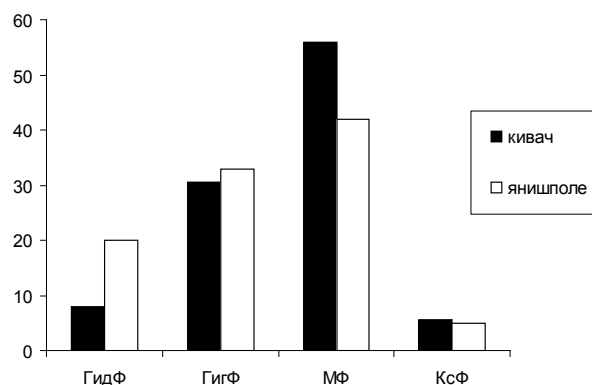


Рис. 2. Распределение прибрежно-водных видов по отношению к влажности на двух станциях:

ГидФ – гидрофит, ГигФ – гигрофит, МФ – мезофит, КсФ – ксерофит; по оси ординат – проценты

Таблица 5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ВОДНЫХ ВИДОВ ПО ПРОФИЛЯМ

Вид	Профили на станции 1 (заповедник «Кивач»)					Профили на станции 2 (устье)			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	+	+	–	+	+	–	+	+	+
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	–	–	–	–	–	+	+	+	+
<i>Elodea canadensis</i> Michaux	–	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	+	+	+	–	–	–	+	+	–
<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi	–	–	–	–	+	+	+	–	+
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith	+	–	–	+	+	+	+	+	+
<i>Potamogeton natans</i> L.	–	–	–	+	+	–	+	+	–
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	–	–	–	+	+	–	+	+	+

Примечание. Плюс – присутствие, минус – отсутствие вида на данном профиле.

Анализ распределения видов водной растительности показал, что наиболее яркие индикаторы эвтрофирования (виды рода *Myriophyllum*) были отмечены на всех исследованных территориях. Однако наибольшая встречаемость видов этого рода характерна для устья реки (табл. 5). Это свидетельствует об эвтрофировании устья реки, где располагается животноводческий комплекс (ЗАО «Янишполе»).

Другие индикаторы высокого уровня трофности (виды р. *Potamogeton*, а также виды *Elodea canadensis* Michaux, *Nuphar lutea* (L.) Smith) в среднем течении (станция 1) отмечены единично, а ниже по течению (станция 2) – встречены повсеместно (см. табл. 5).

Таким образом, в среднем течении реки, в районе заповедника «Кивач», состав высшей водной растительности указывает лишь на начальные этапы эвтрофирования. В устье реки эвтрофирование выражено более ярко, что связано с антропогенным воздействием.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Ивантер Э. В., Тихомиров А. А.** Заповедник «Кивач» // Заповедники Европейской части РСФСР. Т. 1. М.: Мысль, 1988. С. 61–69.

**Литвиненко А. В.** К истории гидроэнергетического освоения водных объектов Карелии // Экологические исследования природных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 21–27.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прибрежно-водная флора в среднем течении р. Суны, в пределах заповедной зоны, и в устье реки включает 141 вид высших сосудистых растений, относящихся к 102 родам и 40 семействам из 5 классов и 4 отделов. Сравнительный анализ прибрежно-водной флоры р. Суны в среднем течении (в пределах заповедника «Кивач») и устье выявил существенное различие в видовом составе растений (коэффициент Жаккара (KJ) – 0,30), что связано с рельефом, гидрологическим режимом, характером подстилающих грунтов. Впервые выявлены особенности распространения индикаторных видов водной растительности, отражающих уровень эвтрофирования р. Суны. Проведенные исследования могут послужить основой для выделения зон разной степени эвтрофирования на различных участках р. Суны и использоваться в экологическом мониторинге.

**Состояние** водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 210 с.

**Фрейндлинг А. В.** Заращение разнотипных озер Карелии (продукционный и динамический аспекты): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1982. 25 с.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

И. С. Ерохина

Петрозаводский государственный университет

#### ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений интегральной оценки уровня загрязнения среды является биологический мониторинг, при котором показателем состояния среды служит нарушение развития организмов и их популяций. Стрессовые факторы вызывают изменение гомеостаза развития, которые могут быть оценены по нарушению морфогенетических процессов (Василевская, Тумарова, 2005).

Одним из показателей изменения гомеостаза развития является показатель флуктуирующей асимметрии (ФА). Под флуктуирующей

асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от идеального симметричного состояния, не имеющие самостоятельного адаптивного значения и возникающие как результат случайных ошибок развития в ходе онтогенеза. Частота и значимость таких случайностей, а также устойчивость к ним зависят как от генотипов особей, так и от воздействия среды, которые могут нарушать стабильность развития (Захаров, 2001).

Считается, что по показателю ФА можно судить о состоянии окружающей среды: чем выше показатель, тем сильнее нарушения. Однако в последнее время ставят под сомнение универ-

сальность этого метода для оценки состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем, поскольку при использовании показателя ФА для индикации среды возникает ряд трудностей (Зорина, Коросов, 2007). Цель исследования – выявить возможности использования показателя ФА для оценки влияния различных факторов среды.

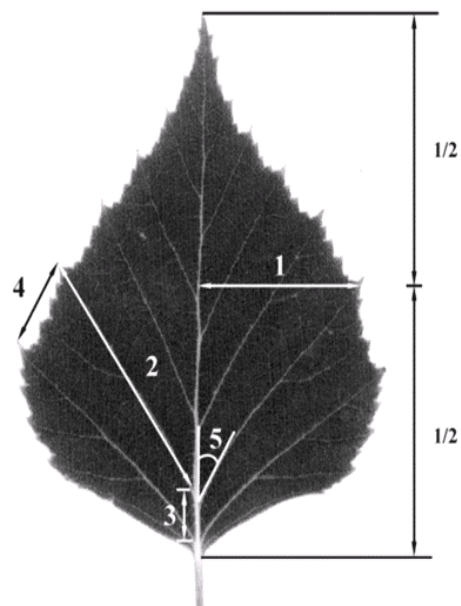
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа была выполнена по материалам экспедиций на Заонежский п-ов (2005 г); на о. Большой Климецкий (2006 г.), в окрестности г. Костомукши (2006, 2007 гг.) и Костомукшского горно-обогатительного комбината (2007 г.). В качестве объекта исследования были выбраны береза пушистая (*Betula pubescens*) и береза повислая (*Betula pendula*). Исследование проводилось методом пробных площадей. Площади размером 20×20 м закладывались в случайном порядке. На каждой пробной площади была замерена освещенность (экспониметром и рассчитано в процентах), определен возраст (визуально), дана оценка категории жизненного состояния, в г. Костомукше и его окрестностях оценен уровень антропогенной нагрузки (в баллах) (Биологический контроль..., 2007). На Заонежском п-ове дозиметром Терра МКС-05 был замерен уровень радиации. Всего заложена 61 пробная площадь (Заонежский п-ов – 18, о. Б. Климецкий – 13, г. Костомукша – 19, окрестности Костомукшского ГОКа – 11 пробных площадей), проанализировано 800 растений.

Одним из важных показателей физиологического состояния растений является категория жизненного состояния. В исследование были включены растения от 1 до 4 категории: 1 – здоровые растения с густой кроной без значительных признаков повреждения кроны и ствола; 2 – ослабленные (крона изрежена, текущий прирост заметно уменьшен либо отсутствует); 3 – усыхающие (сильно изрежена крона, прироста нет); 4 – усохшие деревья (Биологический контроль..., 2007).

Уровень антропогенной нагрузки оценивался в баллах по степени вытаптанности участка: 1 – вытаптывания нет; 2 – вытаптаны тропы; 3 – мало и редко отмечены травы, отсутствуют кустарники; 4 – осталось немного травы вокруг деревьев (Биологический контроль..., 2007).

Сбор и последующая обработка материала проводились по методике В. М. Захарова (2001). На каждой пробной площади с 10 деревьев из средне-нижней части кроны собира-



Промеры левой и правой сторон листа березы:

1 – ширина левой и правой половинок листа (измеряется по середине листовой пластинки), 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа, 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка, 4 – расстояние между концами этих же жилок, 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

ли по 10 листьев. С каждого листа снимали показатели по пяти промерам с левой и правой сторон (рис.). Измерения заносились в базу данных с последующим вычислением показателя ФА. Каждому дереву присваивался балл от I до V, где I балл соответствовал наименьшим нарушениям, а V – показывал значительные изменения в стабильности развития (Захаров, Чубинишвили, 2001). Полученные данные были обработаны в программе Statgraphics и оценена степень связи значения показателя ФА с различными факторами. В данной работе было изучено влияние уровня радиации, условий освещенности, категории жизненного состояния, возраста дерева, загрязнения атмосферы выбросами производства (с учетом расстояния до источника загрязнения), воздействия локальной антропогенной нагрузки (вытаптывание).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Радиация.** Данные по влиянию радиации были получены на деревьях березы, произрастающих на Заонежском п-ове. Оказалось, что с повышением уровня радиации значения показателя асимметрии возрастают и в наиболее загрязненных местах увеличиваются до 5 баллов (табл.). Эти данные согласуются с данными литературы (Leamy, Klingenberg, 2005).

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ РАДИАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛЬ  
ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ (ЗАОНЕЖСКИЙ  
П-ОВ)

№ ПП	ФА	Балл	Радиация, мЗв
17	0,041	II	0,028
18	0,042	II	0,028
16	0,044	II	0,034
15	0,052	IV	0,044
14	0,062	V	0,051
11	0,057	V	0,053
6	0,057	V	0,053
7	0,052	IV	0,055

**Освещенность.** Проведенное исследование показало, что в зависимости от условий освещенности показатель стабильности развития листа березы не меняется. Данные литературы по влиянию этого фактора достаточно противоречивы (Захаров и др., 2001; Шадрина и др., 2003; Leamy, Klingenberg, 2005). Так, в работах В. М. Захарова и А. Т. Чубинишвили (2001) показано, что в затененных условиях стабильность развития листьев березы повислой нарушается и показатель асимметрии увеличивается. В работах Шадриной, так же как и у нас, такой закономерности выявлено не было.

**Категория жизненного состояния.** Показано, что категория жизненного состояния не оказывает определенного влияния на показатель ФА. Отклонения в стабильности развития наблюдались у деревьев как с высокой категорией жизненного состояния (1 балл), так и с низкой (4 балла).

**Возраст.** Анализ зависимости ФА от возраста дерева был сделан на основе материала, собранного на о. Большой Климецкий и в г. Костомукше (2006 г.). В опыт были включены растения от 5 до 70 лет жизни. На молодых деревьях (младше 5 лет) уровень ФА слабо дифференцируется и его значения не превышают 1 балла. С повышением возраста растений уровень асимметрии увеличивается. Это подтверждают данные литературы: отклонения в стабильности развития проявляются только с определенного возраста, и чувствительность этого показателя нарушается у старых деревьев (Захаров, Чубинишвили, 2001).

**Вытаптывание.** Вопрос о влиянии антропогенной нагрузки, такой как вытаптывание, на стабильность развития листа березы в литературе не рассматривался. Были выбраны пробные площади, где этот показатель варьировал от 1 до 4 баллов (Биологический контроль..., 2007). Оказалось, что наибольшие отклонения в стабильности развития отмечались на пробных площадях, которые прежде всего подвергались вытаптыванию. Причем чем сильнее трансформирована территория, тем большие отклонения отмечались в стабильности развития и был выше показатель ФА.

**Удаленность от источника загрязнения.** Одним из широко обсуждаемых в литературе факторов, оказывающим существенное влияние на показатель ФА, является загрязнение среды промышленными выбросами (Шадрина и др., 2003; Kozlov et al., 1996). В проведенном нами исследовании, выполненном в окрестностях Костомукшского ГОКа на 11 пробных площадях, оказалось, что нет определенных закономерностей в изменении показателя стабильности развития. На каждой пробной площади были деревья как с высоким, так и с низким значением ФА. Из литературы известно, что выбросы от Костомукшского горно-обогатительного комбината не оказывают сильного отрицательного влияния на наземные экосистемы и это воздействие рассматривается как слабое, и это мы подтвердили в нашем исследовании (Оценка..., 2001).

В результате анализа полученного материала выделяются три группы данных. В одну группу вошли пробные площади (12 площадей), которые находились в ненарушенных условиях среды (о. Б. Климецкий, часть площадей на Заонежском п-ове), где значение показателя стабильности развития изменялось в пределах 1–3 баллов. Во вторую группу вошли пробные площади (6 площадей), где растения произрастали либо в сильно антропогенно нарушенных условиях (г. Костомукша и его окрестности), либо при высоком уровне радиации (часть пробных площадей на Заонежском п-ове), или в неблагоприятных природных условиях (заболоченные местообитания). В этих условиях на каждой пробной площади отмечались высокие значения ФА у всех исследованных деревьев. И в третью группу (наиболее многочисленную) вошли 43 пробные площади, где отмечался широкий диапазон варьирования показателя ФА (от 1 до 5 баллов).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что в условиях ненарушенной территории (о. Б. Климецкий) были получены низкие значения показателя ФА, что свидетельствует о высоком уровне стабильности развития, а соответственно, о хорошем состоянии окружающей среды. В условиях сильного нарушения окружающей среды такими факторами, как уровень радиации (Заонежский п-ов), антропогенная нагрузка (г. Костомукша), стрессовые условия водного режима (Заонежский п-ов, г. Костомукша), на каждой пробной площади были получены высокие значения показателя ФА (4–5 баллов), что однозначно свидетельствует



о нарушении стабильности развития и ухудшении условий местообитания. Во всех остальных вариантах опыта (Заонежский п-ов, г. Костомукша, окрестности Костомукшского ГОКа) отмечен широкий диапазон варьирования показателя ФА (от низких до высоких значений) у растений, произрастающих на одной опытной площадке. Можно предположить, что значимость локальных условий местообитания для каждого дерева была очень высокой и реакция

каждого растения перекрывала воздействие исследуемого фактора.

Таким образом, проведенное исследование показало, что оценка состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем при помощи показателя ФА может быть успешно использована только в условиях высокого уровня загрязнения природной среды, сила которого нивелирует действие локальных факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

**Биологический контроль** окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева и др.; под ред. О. П. Мелеховой и Е. И. Егоровой. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

**Василевская Н. В., Тумарова Ю. М.** Оценка стабильности развития популяций *Pinus sylvestris* L. в условиях аэротехногенного загрязнения (Мурманская область) // Тр. Карельского научного центра РАН. Вып. 7. Биогеография Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 19–23.

**Захаров В. М.** Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М.: Наука, 1987. 215 с.

**Захаров В. М.** Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) // Экология. 2001. № 3. С. 164–168.

**Захаров В. М., Чубинишвили А. Т.** Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. М., 2001. 147 с.

**Зорина А. А., Коросов А. В.** Характеристика флуктуирующей асимметрии листа двух видов берез в Карелии // Тр. Карельского научного центра РАН. Вып. 11. Экология. Экспериментальная генетика и физиология. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 28–36.

**Сазонова Т. А., Теребова Е. Н., Галибина Н. А. и др.** Оценка функционального состояния *Pinus sylvestris* L. в условиях слабого загрязнения // Биоэкологические аспекты мониторинга лесных экосистем Северо-Запада России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. С. 157–174.

**Шадрин Д. Я., Вольперт Я. Л., Данилов В. А., Шадрин Д. Я.** Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы севера: Морфогенетический подход. Новосибирск: Наука, 2003. 110 с.

**Kozlov M. V., Wilsey B. J., Koricheva J., Haukioja E.** Fluctuating asymmetry of birch leaves increases under pollution impact // Journal of Applied Ecology. 1996. Vol. 33. P. 1489–1495.

**Leamy L. J., Klingenberg C. P.** The Genetics and Evolution of Fluctuating Asymmetry // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2005. Vol. 36. P. 1–21.

## ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ ОРГАНИЗМА РЫБ НА ХРОНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ПЕЧОРЫ)

Л. А. Беличева, Ю. Н. Шарова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

### ВВЕДЕНИЕ

Экологическая обстановка в бассейне р. Печоры – одной из крупнейших водных систем Северо-Запада России – уже в течение длительного времени характеризуется как напряженная. Загрязнение р. Печоры и ее притоков началось еще в 50-е гг. XX в. и связано с развитием угольной и нефтяной промышленности. Спектр антропогенных факторов, оказывающих наибольший негативный эффект на экосистему р. Печоры, включает: нефтепродукты, тяжелые металлы, промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Усиление антропогенной нагрузки на водные экосистемы диктует необходимость детального анализа их состояния,

который подразумевает не только определение содержания загрязняющих веществ в воде, грунтах и биоте, но и выявление ответных реакций гидробионтов на действие этих загрязнителей.

Исследования последних лет свидетельствуют о трансформации экосистемы р. Печоры, которые выражаются в изменениях количественного и качественного состава организмов различных экологических групп. Известно, что в основе любых изменений популяционных параметров лежат изменения на более низких уровнях организации (молекулярного, тканевого, организменного). Цель данной работы – исследовать реакцию организма рыб на хроническое антропогенное воздействие. Выбор объекта

исследований связан с положением рыб в трофической структуре и их способностью аккумулировать негативные эффекты антропогенного воздействия на экосистему. Для оценки ответной реакции организма на длительное воздействие загрязняющих веществ использовали гистологический анализ, который представляет собой надежный метод получения достоверной информации о степени негативного воздействия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на половозрелых особях язя *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758) и сига *Coregonus lavaretus* (Linnaeus 1758), отловленных на различных участках бассейна р. Печоры осенью 2008 г.

Для гистологического анализа рыб отбирались жабры, печень и почки. Для получения гистологических препаратов органы фиксировались с использованием жидкости Буэна. Обработка проб проводилась общепринятыми гистологическими методиками (Волкова, Елецкий, 1982) с использованием в качестве красителя гематоксилин-эозина.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Жабры**, с одной стороны, чрезвычайно чувствительны к изменениям качества воды, а с другой – находятся в постоянном контакте с внешней средой. В связи с этим они рассматриваются как один из главных органов-мишеней для различных повреждающих агентов (Mallat, 1985). А гистопатологические изменения в жабрах рыб часто используются для индикации загрязнения окружающей среды (Шаро-

ва, Лукин, 2008; Schmidt-Posthaus et al., 2001; Trebskorn et al., 2008).

В ходе микроскопического анализа данного органа у рыб двух видов нами был выявлен широкий спектр патологий: гиперплазия (рис. 1, б), слабая гипертрофия и отек респираторного эпителия; искривление и слипание респираторных ламелл (см. рис. 1, б); лизис последних, приводящий к их укорочению или полному разрушению; десквамация респираторного эпителия, особенно в местах гиперплазии. В ряде случаев гиперплазия приводила не только к слипанию соседних ламелл, но и к слипанию смежных филламентов.

Диагностируемые нами изменения приводят к сокращению общей диффузной поверхности жабр и гипоксии, несмотря на то, что изначально гипертрофия и гиперплазия имеют приспособительное значение, направленное на компенсацию функции поврежденного органа. Ряд авторов рассматривают их как защитные реакции организма, так как в результате этих процессов происходит увеличение диффузионного барьера между окружающей средой и кровью и, тем самым, предотвращение попадания загрязняющих веществ в организм (Матей, 1996; Mallat, 1985). Следствием слияния респираторных ламелл является уменьшение площади газообмена и увеличение барьера для поглощения загрязняющих веществ (Lauren, McDonald, 1985; Van Heerden et al., 2004).

Следует отметить, что патологии, сходные с вышеупомянутыми, наблюдались у рыб под воздействием различного типа загрязняющих веществ, в частности, промышленных и муниципальных сточных вод (Billiard, Khan, 2003), нефтепродуктов (Nero et al., 2006), тяжелых металлов (Khan et al., 2004; Mohamed, 2008), пес-

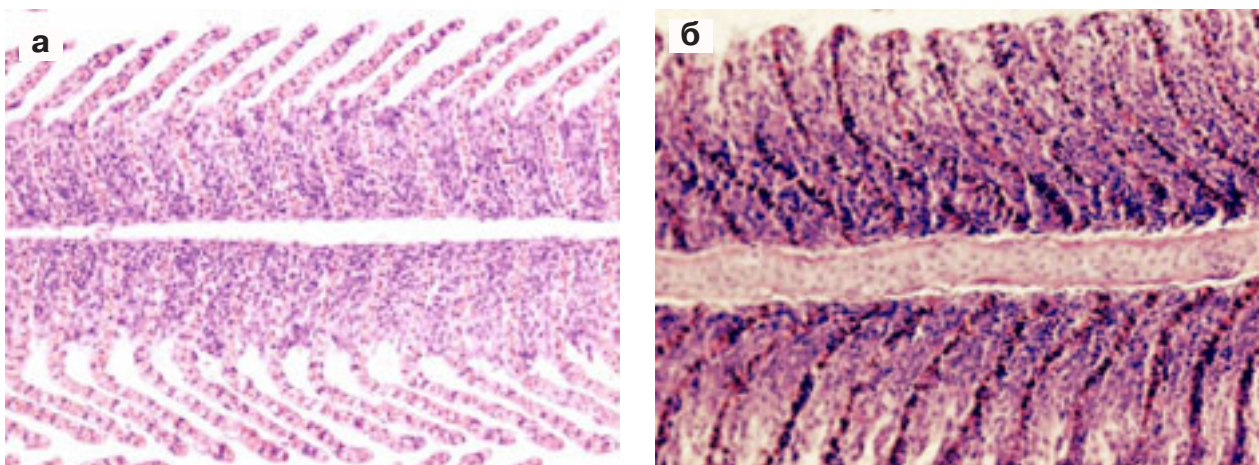


Рис. 1. Жабры язя:

а – нормальная структура; б – гемолиз эритроцитов, гиперплазия эпителия (увеличение 200)

тицидов (Das, Mukherjee, 2000). Однако некоторые исследователи связывают развитие данных повреждений с наличием алиментарных заболеваний (Das, Mukherjee, 2000).

Среди нарушений кровообращения нами были отмечены: кровоизлияния, стазы (нарушения течения и стояния крови); нарушения кровенаполнения; редкие случаи появления аневризм и диапедеза эритроцитов, а также агрегация эритроцитов в виде монетных столбиков (сладж). Зарегистрированные нами многочисленные и обширные кровоизлияния часто были связаны с разрывами клеток жаберного эпителия. Как и аневризмы, данный тип патологий может рассматриваться как отражение прямого действия токсического агента на ткани (Temmink et al., 1983).

У исследуемых нами рыб одной из наиболее частых патологий был гемолиз эритроцитов (см. рис. 1, б). Также достаточно распространенным повреждением являлось разрастание соединительной ткани, приводящее к развитию фиброзов и нарушению структуры филамента. Ряд исследователей (Baumann, Harshbarger, 1998) связывают появление фиброзных разрастаний с действием хлорорганических соединений (ПАУ, ПХБ, ДДТ).

В связи с тем что *печень* является главным органом, отвечающим за процессы детоксикации и биотрансформации загрязняющих веществ, часто она является одним из наиболее чувствительных к загрязнению органов.

У обоих видов в данном органе были зарегистрированы дегенеративные изменения: очаговые некрозы паренхиматозной ткани (рис. 2, б), небольшие очаги кариопикноза. Следует отметить, что некротические изменения в печени были продемонстрированы при воздействии широко круга загрязняющих веществ: нефте-

продуктов (Nero et al., 2006), ПХБ (Chang et al., 1998), пестицидов (Das, Mukherjee, 2000), меди (Figueiredo-Fernandes et al., 2007) и других тяжелых металлов (Mohamed, 2008).

В целом же патологии дегенеративного типа в данном органе могут быть связаны также с недостатком кислорода, вследствие наблюдаемых нами изменений в жабрах и/или стазирования сосудов и гемолиза эритроцитов (Mohamed, 2008).

Для *язей* помимо перечисленных дегенеративных изменений печени было характерно развитие липидозов (нарушений метаболизма липидов). В ряде случаев фиксировалось разрушение клеток паренхимы вследствие избыточной вакуолизации. Развитие данной патологии рассценивается как ответная реакция на широкий круг повреждающих факторов, в частности, на действие канцерогенных веществ (Hendricks et al., 1984). А Шранк и соавторы (Schrank et al., 1997) указывают на наличие данных патологий у рыб, обитающих в реках, загрязненных ПАУ и ПХБ. Однако обнаруженная нами видоспецифичность данной патологии не позволяет нам связать ее с воздействием поллютантов, возможно, ее развитие обусловлено изменением определенных факторов окружающей среды, например, пищевых (Wolf, Wolfe, 2005).

Кроме того, в печени наблюдались нарушения кровотока (стазы), сопровождавшиеся гемолизом эритроцитов и разрушением форменных элементов крови, соединительнотканное разрастание вокруг сосудов, а также кровоизлияния различной степени тяжести (см. рис. 2, б). Фиброзные разрастания вокруг кровеносных сосудов и желчных протоков в печени были отмечены рядом исследований при загрязнении нефтепродуктами – ПАУ и ПХБ (Rousseaux et al., 1995; Koronen et al., 2001).

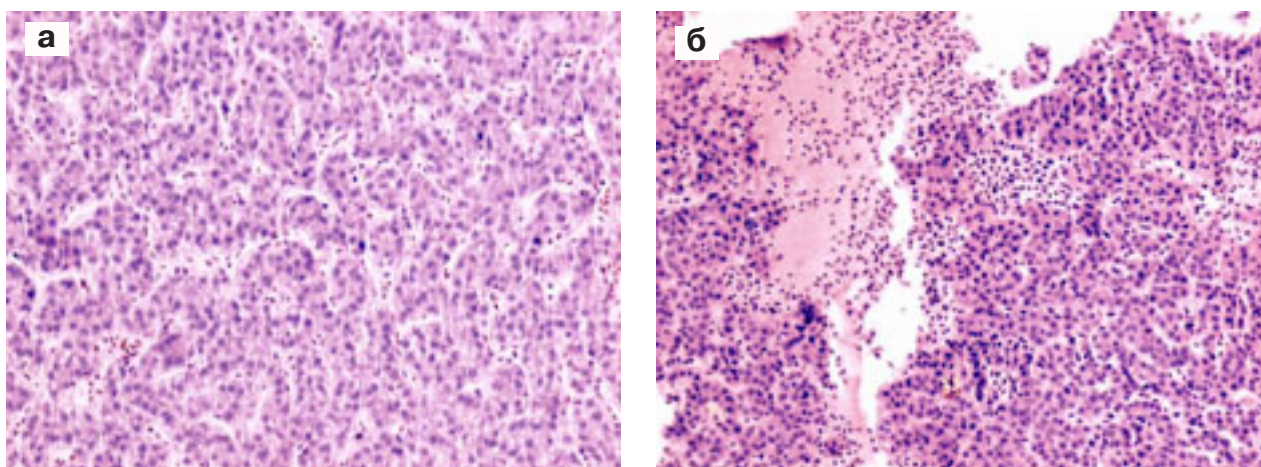


Рис. 2. Печень сига:

а – нормальная структура; б – обширное кровоизлияние и некроз гепатоцитов (увеличение 200)



У ряда рыб выявлены признаки воспалительной реакции – инфильтрация лейкоцитов, образование экссудата. Однако данный тип гистопатологических изменений развивается в ответ на широкий круг стрессовых факторов и не может быть связан лишь с определенным типом загрязняющих веществ (Nero et al., 2006).

Почки у костных рыб являются одним из первых органов, которые поражаются загрязняющими веществами (Thophon et al., 2003). Возможно, это связано с тем, что данный орган хорошо снабжается кровью и является главным путем выведения метаболитов, образовавшихся в процессе биотрансформации различных ксенобиотиков.

Микроскопирование тканей данного органа выявило ряд патологических изменений, большинство из которых также не являются специфичными. В ходе исследования в почках рыб были диагностированы очаговые зоны некроза клеток стромы органа, случаи некроза канальцев и клубочков. Следует отметить, что наблюдаемые нами некротические изменения часто были связаны с обширными кровоизлияниями. Некроз не является специфической ответной реакцией на определенные загрязняющие вещества, согласно литературным данным эта патология регистрируется при воздействии фенольных соединений (Gupta, Dalela, 1987), пестицидов (Das, Muthurjee, 2000), ртути (Khan et al., 2004).

Часто встречаемые признаки воспалительной реакции в почках сигов – отслоение базальной мембраны от эпителия канальцев, воспаление клубочков – возможно, были связаны с отмеченной нами множественной паразитарной инвазией. Аналогичные нарушения, диагностированные у язей, определялись иными факторами окружающей среды, так как у них паразитов не обнаружено. В целом присутствие пара-

зитов по-разному отражалось на состоянии организма рыб: зарегистрированные цисты паразитов приводили к развитию воспалительной реакции пролиферативного типа; следствием инвазии *Tetracapsuloides bryosalmonae* являлось развитие гранулем; а присутствие вида *Sphaerospora renicola* приводило к закупорке почечных канальцев (рис. 3, б).

Гистологический анализ почек также выявил дегенеративные изменения и случаи атрофии клубочков (см. рис. 3, б); чрезмерное разрастание соединительной ткани вокруг канальцев и клубочков; утолщение соединительнотканной стенки сосудов; наличие фиброзных образований. В ходе гистологического анализа также было зафиксировано наличие стазированных сосудов; в ряде сосудов наблюдалось разрушение форменных элементов крови и гемолиз эритроцитов (см. рис. 3, б).

В почках рыб также наблюдались дистрофии: нарушения обмена липидов (липидоз) и хромопротеинов (гемосидероз). Причем, если жировые дистрофии фиксировались у обоих видов, то накопление гемосидерина отмечалось только у сигов. По-видимому, имеется определенная видовая специфика в развитии данного типа патологической реакции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, все диагностируемые у рыб р. Печоры патологии можно объединить в следующие группы патологических изменений:

1. Прогрессивные изменения:
  - гипертрофия;
  - гиперплазия.
2. Нарушения кровообращения:
  - нарушения кровенаполнения (полнокровие);

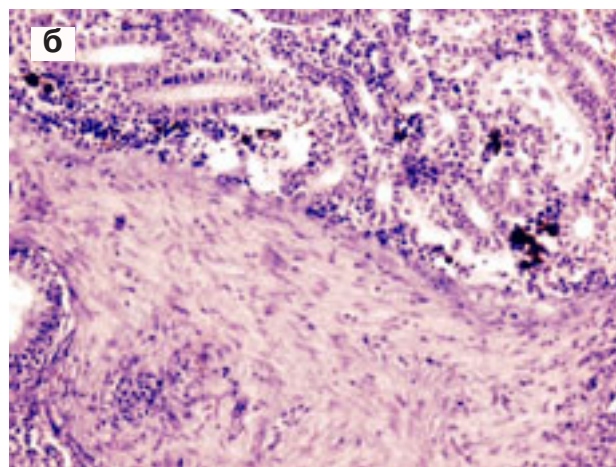
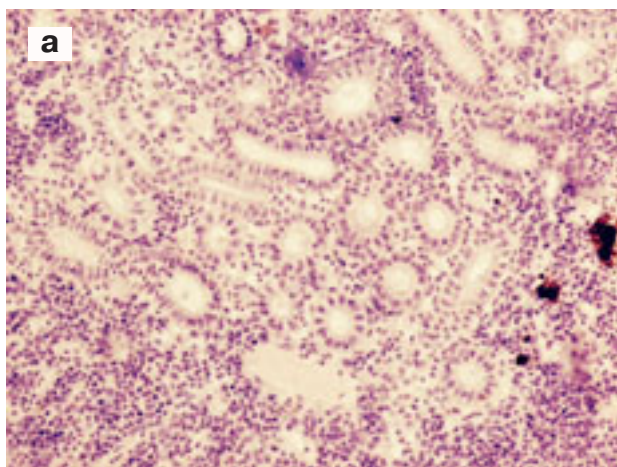


Рис. 3. Почки сига:  
а – нормальная структура; б – фиброзное разрастание (увеличение 200)



- нарушение стенки сосудов (кровоизлияния, аневризмы);
  - кровотечения, не связанные с повреждением стенки сосудов (диапедез эритроцитов);
  - нарушение течения и состояния крови (стазы);
  - сладж.
3. Регрессивные нарушения:
- нарушения тканевого метаболизма: паренхиматозные (липидозы) и смешанные дистрофии (гемосидерозы); нарушения водного обмена (отек);
  - некротические процессы: очаги некроза и кариопикноза, лизис;
  - гемолиз эритроцитов и разрушение форменных элементов крови;
  - атрофия почечных клубочков;
  - нарушения архитектоники жаберного аппарата.
4. Неопластические изменения – фиброзы.
5. Признаки воспалительной реакции:
- инфильтрация лейкоцитов;

- образование экссудата;
- воспаление клубочков.

#### 6. Паразитарная инвазия.

Подводя итог, можно заключить, что наблюдаемые нами гистопатологические изменения в жабрах, печени и почках свидетельствуют о формировании у рыб ответной реакции на изменение качества окружающей среды. Несмотря на то что в ряде случаев нами была выявлена определенная видоспецифичность и зависимость развития отдельных патологий от техногенного фактора и интенсивности антропогенной нагрузки, необходимо отметить, что все диагностированные патологии носили неспецифический характер. В целом можно сделать вывод, что выявленные гистопатологические изменения свидетельствуют о хронических заболеваниях, связанных с нарушениями функционирования организма. И хотя причины развития данных повреждений могут быть различны, часто фактором, определяющим проявление подобных патологий, является загрязнение водоема.

## ЛИТЕРАТУРА

**Волкова О. В., Елецкий Ю. К.** Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1982. 304 с.

**Матей В. Е.** Жабры пресноводных костистых рыб: Морфофункциональная организация, адаптация, эволюция. СПб.: Наука, 1996. 204 с.

**Шарова Ю. Н., Лукин А. А.** Последствия влияния загрязнения на организмы рыб // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. С. 196–210.

**Baumann P. C., Harshbarger J. C.** Long term trends in liver neoplasm epizootics of brown bullhead in black river, Ohio // Environ. Monit. Assess. 1998. Vol. 53. P. 213–223.

**Billiard S. M., Khan R. A.** Chronic stress in cunner, *Tautoglabrus adspersus*, exposed to municipal and industrial effluents // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2003. Vol. 55. P. 9–18.

**Chang S., Zdanowicz V. S., Murchelano R. A.** Associations between liver lesions in winter flounder (*Pleuronectes americanus*) and sediment chemical contaminants from north-east United States estuaries // J. of Marine Sci. 1998. Vol. 55. P. 954–969.

**Das B. K., Murherjee S. C.** A histopathological study of carp (*Labeo rohita*) exposed to hexachlorocyclohexane // Vet. arhiv. 2000. Vol. 70, N 4. P. 169–180.

**Figueiredo-Fernandes A., Ferreira-Cardoso J. V., Garcia-Santos S. et al.** Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper // Pesq. Vet. Bras. 2007. Vol. 27, N 3. P. 103–109.

**Gupta A. K., Dalela R. C.** Kidney damage in *Notopterus notopterus* (Pallus) following exposure to phenolic compounds // J. Environ. Biol. 1987. Vol. 10. P. 167–172.

**Hendricks J. D., Meyers T. R., Shelton D. W.** Histological progression of hepatic neoplasia in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // Natl Cancer Inst. Monogr. 1984. Vol. 65. P. 321–336.

**Khan M. S., Khan S. A., Chaudhary Z. I. et al.** Vercury intoxication in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) // Pakistan Vet. J. 2004. Vol. 24, N 1. P. 33–38.

**Koponen K., Myers M. S., Ritola O. et al.** Histopathology of feral fish from PCB-contaminated freshwater lake // Ambio. 2001. Vol. 30, N 3. P. 122–126.

**Lauren D. J., McDonald D. G.** Effects of copper on branchial ionoregulation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson: modulation by water hardness and pH // J. Comp. Physiol. B. 1985. Vol. 155. P. 635–644.

**Mallat J.** Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review // Can. J. Fish Aquat. Sci. 1985. Vol. 42. P. 630–648.

**Mohamed F. A.** Bioaccumulation of selected metals and histopathological alterations in tissues of *Oreochromis niloticus* and *Lates niloticus* from lake Nasser, Egypt // Global veterinaria. 2008. Vol. 2, N 4. P. 205–218.

**Nero V., Farwell A., Lister A. et al.** Gill and liver histopathological changes in yellow perch (*Perca flavescens*) and goldfish (*Carassius auratus*) exposed to oil sands process-affected water // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2006. Vol. 63. P. 365–377.

**Rousseaux C. G., Branchaud A., Spear P. A.** Evaluation of liver histopathology and EROD activity in St. Lawrence lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) in comparison with a reference population // Environ. Toxicol. Chem. 1995. Vol. 14. P. 843–849.

**Schmidt-Posthaus H., Bernet D., Wahli T., Burkhardt-Holm P.** Morphological organ alteration and infectious disease in brown trout *Salmo trutta* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* exposed to polluted river water // Dis. Aquat. Org. 2001. Vol. 44. P. 161–170.

**Schrank C. S., Cormier S. M., Blazer V. S.** Contaminant exposure, biochemical, and histopathological biomarkers in white suckers from contaminated and reference sites in the Sheboygan River, Wisconsin // J. Great Lakes Res. 1997. Vol. 23. P. 119–130.

**Temmink J. P., Bowmieister P., Jong P., van der Berg J.** An ultra-structural study of chromate-induced hyperplasia in the gill of rainbow trout, *Salmo gairdneri* // Aqua. Toxicol. 1983. Vol. 4. P. 165–179.

**Thophon S., Kruatrachue M., Upathan E. S. et al.** Histopathological alterations of white seabass, *Lateolabrax niloticus* in acute and subchronic cadmium exposure // Environ. Pollut. 2003. Vol. 121. P. 307–320.

**Trebskorn R., Telcean I., Casper H. et al.** Monitoring pollution in River Mureş, Romania, part II: Metal accumulation and histopathology in fish // Environ. Monit. Assess. 2008. Vol. 144. P. 177–188.

**Van Heernde D., Vosloo A., Nikinmaa M.** Effects of short-term copper exposure on gill structure, methallothionein and hypoxia-inducible factor-1a (HIF-1a) levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquat. Toxicol. 2004. Vol. 69. P. 271–280.

**Wolf J. C., Wolfe M. J.** A brief overview of nonneoplastic hepatic toxicity in fish // Toxicol. Pathol. 2005. Vol. 33. P. 75–85.

## АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГЕОКОМПЛЕКСЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

И. Ю. Мишкин, С. А. Капитонова

*Карельская государственная педагогическая академия*

Города являются ареалами наиболее глубокого преобразования природно-территориальных комплексов. По мнению Ж. Б. Соломиной (2007), пространственно-временной анализ территории позволяет выделить этапы формирования ландшафтов города, выявить причинно-следственные связи между преобразованием геокомплексов и изменением их функций. С процессом освоения территории связано образование многочисленных видов антропогенно измененных ландшафтов, исследование которых имеет большое теоретическое и практическое значение.

Целью нашего исследования является анализ антропогенно измененных ландшафтов и пространственно-временная оценка антропогенной нагрузки на территорию г. Петрозаводска.

В системе анализа изменений геокомплексов В. С. Жекулин (1989) обнаружил три тенденции научных изысканий: 1) классификация ландшафтов по характеру техногенного воздействия на природу; 2) взятие в основу систематики степени антропогенного воздействия; 3) показ морфологического соотношения антропогенных и природных комплексов.

Петрозаводск, основанный в 1703 г., расположен в восточной части Онежско-Ладожского водораздела, на берегу Петрозаводской губы Онежского озера – обширного залива, отделенного от основной акватории группой Ивановских островов. Территория города находится в пределах Балтийского (Фенноскандинавского) щита, сложенного кристаллическими породами протерозоя, которые выходят на поверхность в районе Каменного Бора и поселка Соломенное.

Коренные породы покрыты чехлом четвертичных отложений, представленных гляциальными, флювиогляциальными, аллювиальными, озерными и болотными отложениями.

С. Б. Потахин (1996) выделяет три основных этапа изменения окружающей среды г. Петрозаводска:

- этап существования естественных природных комплексов (до начала XVIII в., до 1703 г.);
- этап локальных изменений природных комплексов (до середины XX в.);
- этап коренных преобразований структуры природных комплексов (по настоящее время).

Рельеф города сформирован в результате ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции и характеризуется значительной расчлененностью: абсолютные высоты от 33 м (уровень Онежского озера) до 145 м над уровнем моря (Древлянка). Морфологически рельеф представляет собой моренные гряды и холмы определенной экспозиции, разделенные глубокими часто заболоченными понижениями. Склоны крутые, обрывистые, с выходами кристаллических пород. Западные и юго-западные части территории представляют собой пологую холмистую моренную равнину. В южной части города находится кварцито-песчаниковый массив Каменный Бор, имеющий площадь более 1 км<sup>2</sup>, на северо-западе – крупная флювиогляциальная Сулажгорская возвышенность протяженностью более 8 км. Следы прежних уровней Онежского озера сохранились в виде хорошо различимых террас. Петрозаводск и его пригороды расположены на террасах, уступами спускающихся к современному Онежскому озеру. Эти террасы хорошо видны, если смотреть с

конца проспекта Александра Невского вниз или от вокзала по проспекту Ленина. Детально ознакомиться с результатами деятельности вод Онежского озера можно, если спуститься по дороге на Сайнаволок. Здесь четко выражены три террасы и два уступа, верхний из которых начинается сразу у шоссе, нижний находится непосредственно за Каменным ручьем, пересекающим дорогу на Сайнаволок.

На территории г. Петрозаводска встречаются разнообразные типы морфоскульптур (местоположений). Ледниковые формы рельефа представлены экзарационными и аккумулятивными формами. Большая часть территории города представлена моренным материалом. Следы деятельности ледника: шрамы, штриховки и бараньи лбы – ярко представлены в микрорайоне Соломенное. Флювиогляциальная морфоскульптура представлена озами, например улицы Мерецкова и Антикайнена. Наличие крупного водоема – Онежского озера – явилось причиной ярко выраженного абразионно-аккумулятивного рельефа. Кроме этого, на территории города представлен флювиальный тип, созданный постоянными водотоками. В его образовании важнейшую роль играют две реки: Лососинка и Неглинка, появившиеся в послеледниковое время.

Лесные земли окрестностей современного Петрозаводска еще в XVII в. использовались под подсечно-огневые участки. Исторические источники свидетельствуют о том, что на территории, ныне занимаемой городом, еще до создания в 1703 г. Петровского завода существовали мукомольные мельницы – в устье р. Лососинки (Потахин, 1996).

С 1703 г., со времени появления Петровского завода, начались локальные изменения природных комплексов рассматриваемой территории. Этот этап продолжался до 50-х гг. XX в., поскольку лишь в послевоенное время началось значительное расширение городских площадей за счет появления промышленных предприятий и новостроек.

Как же изменялась окружающая среда с появлением промышленных и жилых зданий? В дипломной работе студентки С. В. Корка (2003) сделан анализ антропогенного воздействия на природные комплексы с началом работы металлургического Петровского завода. Функционирование любого завода в XVIII в., в том числе Петровского, не могло обойтись без гидроэнергии. Поэтому на р. Лососинке, имеющей перепад высот от истока к устью 149 м, появляются пять плотин. Это, естественно, приводило к подтоплению окружающих территорий.

С появлением в 1703 г. Петровского пушечно-литейного завода началось интенсивное преобразование природно-территориальных комплексов изучаемой территории. На территории поселения Петровская слобода появляются промышленные, парковые и селитебные ландшафты. На его плане 1720 г. отчетливо видны возникшая в 1712–1713 гг. фортеция, редут-вал, опоясывающий все цеха, и постройки горного округа: цеха, мастерские, кузницы и другие промышленные объекты. Границы Петровской слободы в 1720 г. проходили: на Зареке – примерно по современным улицам Перттунена, Волховской и Льва Толстого до р. Лососинки, на левом берегу – в районе улиц Кирова и Титова до берега Онежского озера.

Ярким примером изменения природного комплекса можно назвать изменение р. Лососинкой своего русла в августе 1800 г. в результате паводка, вызванного интенсивными дождями.

Площади современного призаводского парка («Онегзаводской ямки») служили местом свалки отходов металлургического производства. Береговая полоса Петрозаводской губы в основном была занята дровяными складами. В прибрежной зоне, в районе современной набережной Варкауса, находились печи для получения древесного угля, используемого на заводе.

По берегам Лососинки и Неглинки располагались огороды. В 1875 г., например, 20 семей, проживавших в Петрозаводске, занимались земледелием. Они выращивали рожь, овес, ячмень, картофель. Жители города держали лошадей, коров, овец и свиней. Сенокосы располагались по берегу Лососинки, а также в районе Сайнаволока.

Третий этап характеризуется глубокими и повсеместными изменениями природных комплексов в черте современного Петрозаводска. Этот этап коренных преобразований структуры природных комплексов начался в середине XX в. и продолжается до настоящего времени.

Современные территориальные комплексы г. Петрозаводска по степени изменения и преобразования, считает С. Б. Потахин (1996), можно подразделить на три основные группы. Первая группа – природные комплексы, включающие в себя площади застроек городского типа, промышленные участки, карьеры и узкие, но сильно преобразованные площади под железнодорожными и автомобильными трассами. Вторая группа представлена парковыми площадями (Губернаторский парк), мемориальными территориями старых городских кладбищ, рекреационными (часть долин рек Лососинки и Неглинки с насаждениями из коренных и интроду-

живных пород) и городскими пустырями. Третья группа – это лесные массивы как в черте города (Пески и другие участки), так и в окрестностях (урочища Сайнаволок, Чёртов стул).

Таким образом, в настоящее время антропогенное изменение окружающей среды происходит по следующим направлениям:

- уменьшение лесных массивов в связи с расширением территории города;
- загрязнение природных комплексов мусорными отходами;
- загрязнение береговой полосы Онежского озера нефтепродуктами;
- загрязнение атмосферы выбросами предприятий и автомобилями.

Мы считаем, что можно уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду, предпринимая следующие меры:

- проведение рациональной вырубki леса во время строительства;
- увеличение количества мусорных контейнеров в местах отдыха населения (у рек, у Онежского озера, в парках);
- ужесточение контроля за выбросами отходов на предприятиях;
- проведение очистки русла рек от бытового мусора;
- проведение бесед экологической тематики с учащимися;
- установление информационных стендов экологической направленности;
- создание народного контроля на предприятиях;
- принятие специальной программы по строительству города с наименьшим нанесением урона окружающей среде.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бискэ Г. С., Кратц К. О.** Геологические экскурсии в окрестности Петрозаводска. Петрозаводск: Карелия, 1961. 86 с.

**Жекулин В. С.** Историческая география: предмет и методы. Л.: Наука, 1982. 209 с.

**Корка С. В.** Историко-географический анализ формирования городских ландшафтов на примере микрорайона Древлянка г. Петрозаводска: Дипломная работа. 2003. 79 с. (рукопись).

**Мулло И. М.** Петрозаводск: хроника трех столетий. Петрозаводск: Карелия, 1981. 89 с.

**Потехин С. Б.** Этапы преобразования ландшафтов современной территории города Петрозаводска // Материалы по исторической географии Севера Европы: Сб. статей. Вып. 1. Петрозаводск: КГПУ, 1996. С. 27–32.

**Соломина Ж. Б.** Историко-географические этапы развития города Выборга // Историческая география: теория, методы, инновации: Материалы III международного науч. конф. СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2007. С. 255–263.

## ТРАДИЦИОННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ РУССКИХ ВЫГОЗЕРЬЯ: «В КРАЮ НЕПУГАНЫХ ПТИЦ»

Н. А. Мясникова, С. Б. Потехин

*Карельская государственная педагогическая академия*

### ВВЕДЕНИЕ

В результате дискуссии об этнических общностях 1960–1980-х гг. были выделены основные компоненты этничности, утвердились понятия «этнос», «субэтнос» и «этнографическая группа» (общности, у которых этнические свойства выражены менее, чем у основной этнической единицы) и многие другие (Логинов, 2006).

Согласно определению Ю. В. Бромлея, этнос, или этническая общность, – «это особый исторически возникший вид социальной группировки людей, особая форма их коллективного существования. Формирование каждого этноса обусловлено непосредственными контактами входящих в него людей; это, как правило, возможно, лишь в том случае, если люди живут

по соседству, т. е. на одной территории, и говорят на одном языке» (Бромлей, 1987, с. 5).

*Этнос* (в узком значении этого термина) может быть определен как исторически сложившаяся на определенной территории устойчивая совокупность людей, обладающих общими относительно стабильными особенностями языка и культуры, а также сознанием своего единства и отличия от других подобных образований (самосознанием), фиксированным в самоназвании (этнониме) (Бромлей, 1987, с. 7).

Наименьшей таксономической единицей, обладающей минимальным набором признаков этничности, в настоящее время признана «этнолокальная» группа, чаще всего именуемая просто «локальной» (Бернштам, 1992).

В Карелии выделяют следующие этнолокальные группы русских: поморы, заонежане,



водлозеры, выгозеры (Логинов, 1990). Каждую из этих групп характеризует несколько особых показателей, на которых базируется их внутреннее единство в противопоставлении к соседним русским и иноплеменникам (Логинов, 2006). Выгозеры (русские Выгозерского края), имея все эти характеристики, выделяются в отдельную этнолокальную группу. Локальная дифференциация таких групп изучена пока слабо и неравномерно, что позволяет считать исследование подобных групп весьма актуальной задачей отечественной этнологии и этнографии (Бернштам, 1995), а также исторической географии и природопользования. Поэтому каждое новое, хоть и небольшое исследование может внести определенный вклад в познание этих групп.

Целью данного исследования является изучение этнического природопользования в Выгозерском крае на основе произведения М. М. Пришвина «В краю непуганых птиц. Очерки Выговского края». Предмет исследования – виды этнического природопользования, объект – территория Выговского края.

Природопользование – это процесс потребления человеком естественного (ландшафтного) потенциала территории. Интенсивность природопользования определяется не только человеческим обществом, но и самой природой, поскольку она обладает конкретными свойствами и особенностями, обуславливает направление хозяйственной деятельности населения. Тип природопользования формируется этносом на протяжении длительного промежутка времени в определенных ландшафтных условиях (Потахин, 2000).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представленная статья написана на основе путевых записей М. М. Пришвина, которые были опубликованы в виде художественного произведения «В краю непуганых птиц. Очерки Выговского края». Первое пребывание М. М. Пришвина в Карелии стало переломным моментом в его жизни, а результатом поездки – разностороннее описание Выговского края.

Основным методом исследования является комплексный анализ литературного произведения. Представленное исследование – это не реферативная работа, предусматривающая только обзор литературы, а комплексное научное изучение конкретного литературного произведения. В дальнейшем планируется использование архивных источников, включая картографические и статистические материалы по территории Выгозерья. В основе исследования лежит

системный подход, который предусматривает комплексное рассмотрение объекта исследования с точки зрения природопользования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Михаил Пришвин в произведении «В краю непуганых птиц. Очерки Выговского края» описывает гармоничное взаимодействие человека и природы, гуманное отношение к вмещающему ландшафту.

Одним из основных занятий живущих в Выгозерье крестьян являлось рыболовство. Они занимались ловом рыбы в многочисленных озерах и реках края, поэтому все поселения были расположены возле водных объектов. Существовали различные виды лова. Весной ловили щуку, язя, окуня, плотву, леща и налима мережным ловом и корюшку с помощью «паука», осенью основной лов сига и ряпушки производился неводом, зимой для подлёдного лова также использовался невод. Летом рыболовством практически не занимались, так как мужская часть населения была на отхожем промысле – сплаве леса. Из-за бедности использовался, как правило, один невод на две семьи. Рыбы вылавливали ровно столько, сколько необходимо на прокорм семьи, и незначительную часть продавали «богачам», т. е. перекупщикам, а те, кто в состоянии, хранили ее до Крещения и везли на знаменитую ярмарку в Шуньге на Онежском озере. На вырученные деньги покупали муку.

Второе направление природопользования – охота. По мнению М. М. Пришвина, все полесники (полесовики), так называли на Севере охотников, разделялись на две группы: те, которые ходили на мелкую дичь, и те, которые били «звиря». Специфика охоты, считал М. М. Пришвин, даже сказывалась на темпераменте полесовиков. Первые – часто балагуры, сказочники, вообще легкомысленные и часто художественно восприимчивые люди. Вторые – солидные, часто угрюмые и молчаливые.

Существовали различные способы и орудия охоты и лова. Один из способов – силковый промысел: на мелкую дичь ставили различные силки. У каждого охотника была своя тропа, на которой он ставил ловчие приспособления. Места охоты передавались по наследству, по фамильным охотничьим тропам не мог ходить посторонний. Это правило строго соблюдалось.

Из видов некоторых силков (в виде петли) попавшейся птице иногда удавалось выбраться: силко могло само собой расправиться, если усталая жертва переставала биться, но были силья, из которых уже невозможно было выбраться: это *очал*, т. е. жердь в виде безмена. Ее

легкий конец находился у самой земли и держался внизу таким же приспособлением, как в западнях. К ее концу было привязано сило, а толстый конец очапа висел в воздухе, всегда готовый рухнуть, если птица задевала крючок на легком конце. Когда падал тяжелый конец очапа, пойманная птица взлетала на воздух и зависала в петле. Более жестокий способ лова – это применение *ласти*, в процессе которого на голову птицы обрушивался камень. Силки ставили на косача и тетерку, мошника и копполу, так называли самца и самку глухаря.

Другой способ – охота с ружьем и собакой. Этот вид охоты процветал и совершенствовался благодаря распространению земской управой дешевых дробовиков. Охотились на боровую дичь, белку, лося. Выгозерье называли «краем непуганых птиц», потому что «утки всех пород и лебеди – почти не боятся человека. Их не стреляют. „Зачем, скажут, их бить, когда для пищи определена „дичь“, то есть лесная птица: рябчики, тетерева, мошники (глухари)».

Местные жители считали, как утверждал М. М. Пришвин, что «лебедь и утка... нам никакого вреда не приносят, самая безобидная птица» (Пришвин, 1970, с. 28), а про хорошего человека говорили: «Степенный человек, самостоятельный, бога почитает и не то что лебедей, но и уток не трогает» (с. 29). Вот почему лебеди не боялись человека и подплывали к играющим на берегу детям. А утки селились на болотах, ближайших к селениям.

При охоте на белку отмечались и негативные черты: «...он (полесовик. – Н. М.) достает из-за пояса топор и ловко, привычно срубает громадное семи-восьмивершковое дерево. Расчет у него простой: белка стоит двадцать копеек, а дерево ничего не стоит, пятнадцать минут рубки... И второе дерево валится. Бывает, что и десятков и больше деревьев свалится, пока белка будет убита» (с. 94).

Третий способ охоты – это капканы, с их помощью охотились на медведя – «звиря». Медведи и волки уничтожали на Севере часто все, что было достигнуто громадным трудом человека: скот, посевы. Поэтому местная администрация – земские управы – поощряла охоту на хищного зверя: на складах (в магазинах) земских управ в стоимостном отношении продавалось больше ружей и пороха, чем кос и плугов. За каждого убитого медведя и волка выдавалась денежная премия, причем охотник в виде доказательства представлял в управу хвост и уши, которые потом, как оправдательные документы, передавались на земское собрание.

«Наступает весна. Подходит время выгонять скотину в поле. Но куда же выгонять ее на

карельском острове, где только камень да болота? – замечает М. М. Пришвин. – Очевидно, ее нужно перевезти на другие острова, с более благородной землей. Скотину пускают одну „на божий простор, на божье проведение“» (с. 61).

Скот пасся на лесных островах, как дикие животные, и только звон колоколов, отмечал М. М. Пришвин, связывал его с людьми. Ни коровы, ни лошади за лето не отвыкали от хозяев, а овцы даже скучали, и когда видели проезжающую по озеру лодку, собирались кучкой у самой воды и жалобно блеяли.

Когда скотина была перевезена на остров, то женщинам каждый день приходилось ездить на дойку коров. Коров выгоняли на берег, разводили костер и ставили животных выменем к дыму, а дети по обеим сторонам ветками отгоняли комаров. Благодаря выпасу скота на островах и частой смене пастбищ не происходило эрозии почвы – вытаптывания и перенавоживания.

Неплодородие земельных угодий (пашни) в Выговском крае М. М. Пришвин описывает следующим образом: «...с каким презрением отвернулся бы от нее наш крестьянин земледельческой полосы! Не мать, – сказал бы он, – эта земля, а мачеха. Особенно поразила меня пашня на Карельском острове. Весь этот небольшой остров разделяется на две половины: одна низменная, топкое болото, другая повыше – сельга, сплошной каменный слой» (с. 75). Для постоянной пашни был необходим большой объем навоза, а значит, и определенное количество скота, что не обеспечивалось кормовой базой. «И получается, – как отмечал М. М. Пришвин, – общеизвестный сельскохозяйственный круг» (с. 77).

По подсчету местной земской управы, писал М. М. Пришвин, население Повенецкого уезда, в состав которого входило Выгозерье, употребляло треть всей имеющейся в его распоряжении муки на корм скоту, пересыпая ею листья березы, собранные летом женщинами и высушенные на верхнем дворе, над скотным двором. Муку также добавляли к болотному сену – осоке. Неприхотливый северный скот, как утверждал М. М. Пришвин, устраивало такое качество корма. Для увеличения зеленой массы использовалась листва березы, осины, ольхи. Время сбора дополнительного корма называлось листвобросница – пора, совершенно не знакомая крестьянам средней и южной России.

Слабость развития сельского хозяйства в Выгозерском крае объяснялась и другими причинами. Эта территория находилась на севере в суровом климате с частыми заморозками и коротким вегетационным периодом. Почва Выгозерья каменистая и неплодородная (подзолы). Скот приходилось большую часть года держать

в стойлах, а кормом служило некачественное осоковое сено вперемешку с мукой и листьями березы, ольхи и осины.

Занимались выгозеры собирательством – сбором ягод, грибов, лекарственных растений. Особое внимание М. М. Пришвин уделил описанию сбора морошки: «Эти поездки не забава, а серьезное дело, потому что морошка такая же пища, как хлеб и рыба; в особенности, если ее набрать побольше и зарыть на болоте. Там она хорошо сохраняется до зимы» (с. 44). Морошку собирали только спелую, аккуратно, не повреждая сами растения.

Специфическим видом промысла выгозер было бурлачество – слав древесины на беломорские лесопильные заводы (лесопильные мельницы). Этот промысел был обусловлен необходимостью получения денежных средств для покупки муки, соли и различных сельскохозяйственных орудий. Во время отсутствия мужчин все сельскохозяйственные работы выполнялись женщинами.

В суровых условиях северной тайги широко использовалась система выселок, тесно связанная с подсечно-огневым земледелием. Семья из деревни могла выселиться куда-нибудь к лесному озеру и жить вдаль от всех, занимаясь подсечно-огневым земледелием, а потом рядом селились другие семьи и возникала деревня с тем же названием (починок). Так расселяются на Севере, и поэтому часто встречаются деревни в два-три дома.

Традиционное природопользование выгозеров, их система расселения были разрушены в начале 30-х гг. XX в. В 1931–1933 гг. был построен Беломорско-Балтийский канал. Он объединил водные пути северо-западной, а затем и центральной части СССР с судоходными реками бассейна Белого моря – Северной Двиной, Онегой, Мезенью. Ввод в эксплуатацию канала позволил исключить необходимость доставки природных ресурсов Кольского полуострова и Карелии к пунктам переработки далеким круглым путем в обход Скандинавского полуострова.

В ходе сооружения канала оз. Выгозеро было превращено в водохранилище. В результате

были затоплены сельскохозяйственные угодья, да и сами населенные пункты оказались под водой.

К сожалению, по ряду причин, М. М. Пришвин, побывав в Выгозерском крае уже после появления ББК, не описал негативные последствия, вызванные сооружением этой транспортной артерии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе путевых записей М. Пришвина «В краю непуганых птиц. Очерки Выговского края» изучены основные направления этнического природопользования на территории Выговского края – рыболовство, охота, лесное хозяйство, животноводство и земледелие.

Анализ произведения М. М. Пришвина и других источников позволяет сделать следующие выводы:

- в пределах Карелии существовала специфическая этнолокальная группа – русские Выгозерья, или выгозеры, а ареал проживания этой группы населения (с точки зрения исторической географии) был назван М. М. Пришвиным «Выговским краем»;

- эта этническая группа отличалась от соседних групп русского и карельского этноса особенностями природопользования: в хозяйственной деятельности значительную роль играли рыболовство и охота, существовал особый вид отхожего промысла – «бурлачество»;

- процесс природопользования (все виды хозяйственной деятельности) носил ритмический (сезонный) характер;

- система расселения выгозеров зависела от физико-географических особенностей местности и, как следствие, от особенностей природопользования: преобладал прибрежный тип расселения – деревни располагались по берегам озер и на островах;

- традиционное природопользование выгозеров было нарушено в связи со строительством Беломорско-Балтийского канала в начале 30-х гг. XX в. и созданием Выговского водохранилища.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бернштам Т. А.** От редактора // Русский Север: Ареалы и культурные традиции. СПб., 1992. С. 3–6.

**Бернштам Т. А.** Введение // Русский Север. СПб., 1995. С. 3–11.

**Бромлей Ю. В.** Этнические процессы в современном мире. М.: Наука, 1987. 448 с.

**Логинов К. К.** Аморфные и обособленные группы русских в Олонецкой губернии // Европейский Север:

история и современность. Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1990. С. 140.

**Логинов К. К.** Этнолокальная группа русских Володозерья. М.: Наука, 2006. 275 с.

**Новицкая С.** Где бывал М. Пришвин // Доверие. 1994. 23 августа. С. 2.

**Потехин С. Б.** Этнические традиции природопользования // Известия Русского географического общества. 2000. Т. 132, вып. 4. С. 76–79.

**Пришвин М. М.** В краю непуганых птиц. Петрозаводск: Карелия, 1970. 148 с.

## ЛИТЕРАТУРНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИМИДЖ-КОМПОЗИЦИЯ РЕКИ СУНЫ

А. В. Колоколов\*, Т. А. Бабакова\*\*

\* Карельская государственная педагогическая академия

\*\* Петрозаводский государственный университет

В сфере туризма на сегодняшний день все более актуальным становится создание имиджа, т. е. образа туристского объекта. Этот образ является интегральной характеристикой изучаемого объекта. Исследованием проблемы создания имиджа в туризме интересуются многие ведущие специалисты в этой области, а также ученые, занимающиеся исследованиями имиджа, граничащими со сферой туризма. Необходимо отметить исследования К. М. Эхтнера, И. Я. Рожкова, А. Ю. Панасюка, В. М. Шепеля, Т. Лукьяненко, Г. Г. Почепцова, Д. Н. Замятина, Э. А. Галумова, И. И. Митина и др. Таким образом, имидж понимается все шире, что объясняется еще и его тесной взаимосвязью со сферой рекламы и PR. Ведущими становятся вопросы имиджа не только дестинации, конкретного объекта (природного или историко-культурного), географического пространства, но и работника сферы туризма; проектируется имидж различных целевых туров, предприятий туризма и гостеприимства и т. д. Вопросы имиджа рассматриваются и в образовании. Здесь понятие имиджа варьируется от имиджа образовательного учреждения до имиджа руководителя, преподавателя, воспитанника, ученика, студента и др.

Мы уделим особенное внимание образованию в сфере туризма и конкретно вопросам имиджа туристического объекта. В системе современного образования эта проблема освещена недостаточно, что объясняется практическим отсутствием специальных предметов, рассматривающих поставленные вопросы. Внедрение интегративных курсов в образование в сфере туризма позволит не только сформировать необходимые для создания имиджа знания, умения и навыки, но и наряду с естественнонаучными и специальными знаниями привить студентам эстетическое понимание изучаемого объекта. В современном обществе преобладает утилитарное отношение к окружающему нас миру, поэтому необходима переоценка ценностей подрастающим поколением. Этому будет способствовать внедрение в процесс обучения таких дисциплин, как, например, «Проектирование имиджа туристского объекта» (курс внедряется в Петрозаводском филиале Петровского колледжа с января 2009 г.).

Вопросами проектирования имиджа в образовании, в основе которого лежит создание имидж-композиций, занимается автор статьи в своем диссертационном исследовании. Имидж-композиции имеют свою технологию проектирования и применения в образовательном процессе. Цель имидж-композиций – формирование интегрального и аттрактивного образа изучаемого объекта. Композиции представляют собой результат совместной деятельности, сотворчества преподавателя и студента. Проектирование имидж-композиций имеет определенную этапность. Немаловажная роль отводится самостоятельной подготовке студента, выбору объекта проектирования, поиску и интеграции различного материала, продумыванию и стилизации мифов, легенд, а также презентации конечного продукта. Имидж-композиция может быть представлена в виде рекламного клипа, ролика, сайта, презентации PowerPoint, лекционного или практического занятия, учитывающего использование студийного метода, и др. Метод студии подразумевает разбивку класса на группы поисковиков (литераторы, фольклористы, музыканты, географы, биологи и т. п.), чтецов или актеров, режиссеров и сценаристов, а также на группы новаторов и ответственных за технические средства. Интеграция знаний из различных источников (поэзия, проза, фольклор, специальные научные знания, географические и другие представления) позволяет всесторонне охарактеризовать и представить объект. Объектом изучения может быть как географическое (экономико-географическое) пространство, природный или историко-культурный объект, так и туристская дестинация, конкретный туристский регион, район, определенный туристский объект. Интеграция различных знаний и представлений об изучаемом объекте может также ограничиваться только несколькими сферами, например, географией и литературой или изобразительным искусством и историей и т. п.

Как пример можно рассмотреть имидж-композицию р. Суны, ограниченную представлениями из двух сфер, представленную интеграцией географии и литературы. Эта композиция, как результат, может предлагаться вниманию студентов на соответствующих основных или специальных предметах.



Бассейн Суны представляет собой интересный образец карельского ландшафта, основными компонентами которого являются леса и озера.

Река Суна, берущая начало у государственной границы с Финляндией, впадает в Кондопожский залив (губу) Онежского озера севернее г. Петрозаводска. Это вторая по величине (282 км) и третья по величине водосбора (7,7 тыс. км<sup>2</sup>) река южной Карелии. Около 75 км общего протяжения Суны составляют озера, преимущественно в верхнем течении реки. Таких озер, образующих цепочку, насчитывается около 19. Большая часть этих озер, притом наиболее крупных, расположена в верхней половине Суны.

Суна – типичная река южной Карелии. Это выражено в структуре ее бассейна и в особенностях строения реки и озер. На территории ее бассейна наиболее сильно проявились результаты хозяйственной деятельности по эксплуатации лесов и энергетическому использованию водоемов. Строительство каскада Сунских ГЭС привело к изменению гидрографической схемы нижнего участка реки. Направление основной части сунского потока по новому тракту нарушило гидрологический режим озер Палье, Сандал и старого русла реки, что явилось причиной уничтожения сунского рыболовства и исчезновения ценной ихтиофауны в озерах. Река Суна широко исследована учеными, но также можно встретить ее описание поэтами и писателями. А. И. Авдышев посвящает реке стихи:

Речка Суна, сумрак синий,  
Вечер. Поздняя зоря.  
На пожухлых травах иней,  
Свет неясный октября.  
В хмуром небе уток стая –  
К теплым странам их отлет.  
И, заметно нарастая,  
Появился первый лед.  
Гонит ржавых листьев ворох  
Сильный ветер низовой,  
И в лесу – унылый шорох  
И далекий волчий вой.

Река Суна среди семи главных рек республики занимает четвертое место по протяжению и седьмое по площади водосбора.

Из многочисленных притоков Онежского озера только три – Водла, Шуя и Суна – имеют площадь водосбора более 5000 км<sup>2</sup>. Суна является одним из главных притоков озера, занимая по длине второе место после Водлы.

Простирание бассейна Суны и большинства его крупных озер в направлении с северо-запада на юго-восток как бы продолжает направление тектонических линий, характерных для се-

веро-западной части Онежского озера, и говорит об общности их происхождения.

Пенепленизированные горные кряжи Балтийского щита имеют мягкие сглаженные очертания. Вследствие этого водоразделы речных систем выражены нечетко и имеют небольшую абсолютную высоту. Предельные абсолютные отметки бассейна р. Суны 33–413 м, наибольшая высота (гора Воттоваара) лежит в его северо-восточной части.

Длина бассейна 216 км, средняя ширина 26 км. Наибольшая ширина, определяемая как перпендикуляр к длине, составляет 81 км, наименьшая (у оз. Пяльвозеро) – всего 15 км. Река Суна имеет симметрично развитую речную сеть.

Продольный профиль реки, как у большинства рек Карелии, ступенчатый. Из семи главных рек Карелии Суна имеет наибольшее общее падение – 325,2 м.

Продольный профиль р. Суны относится к смешанному типу. Верхняя часть реки от истока до Ковдозера имеет типичный профиль «равновесия», для средней и нижней частей характерен «сбросовый» тип продольного профиля. Такой же смешанный тип продольного профиля имеют притоки Суны – реки Вотта, Мотко, Торосозерка, Бола, текущие в верхней части бассейна. Продольный профиль р. Семчи (средняя Суна) близок к прямолинейному типу, менее распространенному в Карелии; эта река течет по слабо понижающейся равнине. У р. Сандалки (нижняя Суна) тип продольного профиля не выражен.

Берега реки на всем ее протяжении очень разнообразны: низкие болотистые чередуются с возвышенными, усеянными валунами, а в местах обнажения коренных пород они обрывисты и скалисты. Авдышев писал:

Есть реки – в ленивом движенье  
Все: заводи, тони и плес –  
Стоят в золотом окруженье  
Осенних звенящих берез.  
Но ветры задуют – и листья  
Плывут по спокойной воде,  
Поземка побежкой лисьей  
Пройдется по черной гряде.  
Но ветры разденут березы  
И снегом засыпят холмы.  
Лишь первые грянут морозы,  
Те реки – под властью зимы.

Грозные ледоходы присущи равнинным рекам европейской части России или Сибири.

Суна – наиболее порожистая река из всех крупных и малых рек Карелии. Общее количество порогов и водопадов равно 41, суммарная их протяженность и падение, соответственно, 31 км и 113 м. Порожистые участки составляют

11% от длины реки и 35% от общего ее падения. Длина порожистых участков варьирует в пределах от 100 до 3000 м, пороги расположены почти по всему руслу реки, встречаются как одиночные, так и групповые.

...Есть реки – кипучи, бурливы,  
Одеты в гранит берега.  
Придвинула снежные гривы  
К воде непокорной пурга.  
Но рушатся, бьются, дробятся  
Речные крутые валы  
И дальше на север стремятся,  
От пены лишь только белы.  
Есть реки – в движенье от века,  
Наполнены яростью гроз.  
Их силу, их вечного бега  
Не может осилить мороз!..

На большинстве рек Карелии слабые ледоходы. Вследствие обилия порогов лед, образующийся в плесах между ними, при ледоходе дробится и проходит вниз в виде густой каши.

Сунские пороги можно разделить на четыре группы: 1) Ковдинские, из 4 крупных порогов общим протяжением 3,36 км, с падением до 1 м; сюда относится самый длинный порог – Римспорог длиной 3000 м; 2) Валазминские, включающие 4 порога с общим протяжением 2,58 км, падение у них значительно выше: от 2 до 3,8 м; 3) Пяльвозерские, из 8 порогов общей длиной 7,5 км, с падением от 0,3 до 4,3 м; 4) Линдозерская группа, самая значительная группа порогов по суммарному протяжению и общему падению. Падение их колеблется от 1,2 до 7,9 м.

Широко известна красивая легенда о происхождении водопадов Суны.

Реки Суна и Шуя – родные сестры – долго текли рядом, не желая расставаться друг с другом. В пути сестры устали и остановились отдохнуть. Суна, все время уступавшая сестре более удобное и покойное русло, уснула и проспала уход сестры вперед. Поэтому и называлась она Сон-река. Проснувшись, пораженная изменой и разлукой с сестрой, Сон-река бросилась догонять сестру, не выбирая русла и не останавливаясь перед преградами. В погоне за нею Сон-река налетела на скалы и начала неистово их рвать, пробиваясь стрелою все вперед. Скалы не могли ее удержать: Гирвас, Пор-Порог и Кивач – это победы Сон-реки. Но они измучили реку настолько, что с последним воплем, среди скал Кивача, Суна – Сон-река – отказалась от надежды догнать сестру (ниже Кивача на Суне нет уже крупных порогов).

Карелия, как известно, богата водопадами, из 13 ее водопадов три находятся на р. Суне.

Самому знаменитому из них, Кивачу, посвящены прекрасные стихи, радующие слух строки различных писателей и поэтов. Так Ф. И. Глинка описывает водопад:

Кипя над четырьмя скалами  
Он, с незапамятных нам лет,  
Могучий исполин, валами  
Катит жемчуг и серебро...  
Его зубристые хребты  
Блестят – пустыни монументы.  
Таков Кивач, таков он днем!

Названия сунских водопадов – финские. Однако до сих пор нет окончательного объяснения их происхождения.

Сунские водопады относятся к «распластанному» типу, для которого характерно преобладание ширины над падением. Для водопада Кивач отношение ширины к длине равно 2, он представляет собой подтип щелевидных водопадов.

На Суне 10 главных притоков, к числу которых мы относим притоки длиной более 25 км. По типу строения речной сети они сходны с главной рекой, Суной.

Плотность речной сети Суны и ее притоков в пределах бассейна колеблется от 0,12 до 0,47 км/км<sup>2</sup>, в зависимости от типа рельефа. Наибольшая густота речной сети (0,40–0,47) свойственна верхней части реки, с небольшим отклонением она падает к устью.

Отличительной чертой рек Карелии является их естественная зарегулированность озерами.

Реки Карелии известны своей красотой всему миру. Посещающие Карелию туристы в первую очередь спешат увидеть Кивач.

Приезжайте в Карелию, будете  
Гостем в этой стране голубой.  
Красотою вы душу разбудите,  
Свет озер увезете с собой.  
Здесь, в Карелии, поздними веснами  
Оживает вода, клокоча.  
И летит над высокими соснами  
Бесконечная песнь Кивача...

Итак, в композиции последовательно чередуются чисто географические, а также художественные образы, которые помогают развитию эмоциональной сферы, гуманных и волевых качеств личности.

Подготовленная «Имидж-композиция» может предлагаться вниманию школьников (на эколого-географических учебных и внеклассных мероприятиях, в том числе в совокупности с викторинами, играми, конкурсами на географическую тематику), студентов, преподавателей (на специальных предметах, подразумевающих формирование краеведческих знаний, а также

знаний, умений в сфере рекламы), работникам туристских фирм как рекламный продукт, местным жителям как результат совместной деятельности и реклама, тур потребителю и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Авдышев А.** Край озерный, край лесной. Петрозаводск, 1964.

**Геосистема Карелии.** Учебно-методическое пособие. Петрозаводск, 2003.

**Григорьев С. В.** Водопады Карелии. Петрозаводск, 1928.

**Ковальчук А. С.** Основы имиджологии и делового общения. Ростов-на-Дону, 2006.

Исследования проводятся по гранту РГНФ «Русский Север: история, современность, перспективы» (08-04-4240 а/С), руководитель – С. П. Гриппа.

**Панасюк А. Ю.** Формирование имиджа: стратегия, психотехнологии, психотехники. М., 2007.

**Рожков И. Я.** Бренды и имиджи: страна, регион, город. Отрасль. Предприятия. Товары, услуги. М., 2006.

**Скегина Н. Г., Авраменко Н. Н. др.** Сборник практических материалов. М., 2001.

**Стихи** карельских поэтов. Петрозаводск, 1976.

**Щуркова Н. Е.** Воспитание: новый взгляд с позиции культуры. М., 1998.

## ТЕЗИСЫ

### НЕФТЯНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ВОДОЕМАХ БЕЛОМОРСКО-БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА

О. В. Панюшкина\*, Н. А. Белкина\*\*

\* Петрозаводский государственный университет

\*\* Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

Нефть – сложнейшая смесь углеводородов, основу которой составляют три группы – алканы, нафтенy и арены. Нефтяные углеводороды (НУ) очень важны для человечества, их используют в основном в качестве топлива, источника энергии, а также для получения синтетических каучуков и волокон, пластмасс, ПАВ, моющих средств, пластификаторов, присадок, красителей и др. Но это очень токсические вещества, которые оказывают влияние на все живые организмы. Поэтому контроль содержания НУ является необходимой частью мониторинга окружающей среды.

Целью представленного исследования являлось изучение НУ в водоемах Беломорско-Балтийского канала. ББК – транспортный путь общим протяжением в 227 км от Онежского озера до Белого моря. Сооружения канала включают 128 объектов. Канал введен в эксплуатацию 2 августа 1933 г. Питание канала водой естественное.

По литературным данным содержание нефтепродуктов в воде водоемов ББК остается в

пределах ПДК (0,04–0,07 мг/л). В 2007 г. содержание НУ в воде оз. Выгозеро колебалось от 0,02 до 0,25 мг/л. Донные отложения 9 исследованных водоемов (Выгостровский бьеф, Маткоженский бьеф, Парандовский плес, озера Шавань, Воицкое, Выгозеро, Торос, Маткозеро, Волозеро) отличаются от естественных озерных отложений, по окислительно-восстановительному потенциалу все осадки относятся к восстановительному типу, значения рН сдвинуты в кислую область, высоки величины потребления кислорода. Восстановительные условия в донных отложениях замедляют процессы минерализации тяжелых НУ, накопленных за время эксплуатации канала. Содержание НУ в донных отложениях изменяется от 70 мкг/г в песках оз. Шавань до 4490 мкг/г в илах оз. Волозеро. Нефтяное загрязнение осадков в озерах Волозеро и Маткозеро фиксировалось визуально. В оз. Выгозеро максимальные концентрации НУ (540 мкг/г) обнаружены в северной части водоема. В целом донные отложения водоемов южной части ББК более загрязнены НУ, чем его северная часть.

## OIL HYDROCARBONS IN RESERVOIRS OF WHITE SEA – BALTIC CANAL

O. V. Panushkina\*, N. A. Belkina\*\*

\* Petrozavodsk University

\*\* Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre

Oil is a complicated mix of hydrocarbons, which basis is made by three groups – alkanes, naphthenes and aromatic hydrocarbons. Oil-hydrocarbons are very important, it is used basically as fuel, source of energy, and also for reception of synthetic rubbers and fibres, plastic, superficially-active materials, washing-up liquids, dyes and etc. But it is very toxic agent, which influence on all alive organisms. Therefore the control of oil-hydrocarbons content is a necessary part of environments monitoring.

The purpose of this study consists in that to research the oil-hydrocarbons in reservoirs of White sea – Baltic Canal. The channel is the waterway total extension in 227 km from the Onega Lake up to the White Sea. The structures of the channel include 128 objects. A water feed of the channel is natural. It was open in August 2, 1933.

The contents of petroleum hydrocarbons in water of reservoirs of White sea – Baltic Canal remains in limits of MAC (0,04–0,07 mg/l). In 2007

the concentration in Vigozero lake was changed from 0,02 up to 0,25 mg/l. The sediments of investigated reservoirs (Vigoostrovski, Matkojenski, Parandovski stretches, Shavan, Voitskoe, Vigozero, Toros, Matkozero, Volozero lakes) differ from natural lake sediments. Oxidation-reduction potentials all deposits concerns to anoxic type, the pH-value are moved in acid area, the value of oxygen demand are high. A reductions condition in sediments is reduce the mineralization processes of heavy oil-hydrocarbons, which were accumulated in time of channel exploitation. The oil-hydrocarbons content in sediments changes from 70 mg/g in sand of lake Shavan, up to 4490 mg/g in silts of Volozero lake. The oil pollution of deposits in Volozero and Matkozero lakes was fixed visually. In Vigozero lake the maximal oil-hydrocarbon's concentration (540 mg/g) were found in northern part of a reservoir. As a whole, the sediments of the southern reservoirs are more polluted by oil-hydrocarbons, than in the northern reservoirs.

## ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ПРОТЕИНАЗ МИДИИ *MYTILUS EDULIS* L.

М. М. Пархомук, М. Ю. Крупнова, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН

Обрастания – это сообщества, формируемые представителями бентоса в ходе первичной сукцессии на твердом субстрате, в той или иной степени дистанцированном от дна водоема. Основными конкурирующими между собой видами в данных сообществах являются мидии *Mytilus edulis*, *Hiatella arctica* и асцидии *Styela rustica*. Мидии – вид наиболее «агрессивный» по отношению к обоим конкурентам. Для понимания того, как складывается данное сообщество, важно взаимодействие именно между этими видами.

В ходе настоящего эксперимента было изучено влияние различных компонентов сообществ-обрастания Белого моря (*H. arctica*, *S. rustica*, *Asterias rubens*, *Halichondria panacea*) на уровень активности лизосомальных протеиназ (катепсина В и D) *M. edulis*. Данная работа позволит оценить роль и участие лизосом как органелл клетки, участвующих в процессах ав-

толиза, внутриклеточного пищеварения, а также клеточных структур, выполняющих защитную функцию в исследуемых процессах.

Животные для эксперимента были собраны с обрастаний искусственных субстратов в бухте Круглой (г. Чупа Кандалакшского залива Белого моря), помещены в аквариумы для адаптации (2 сут), а затем мидии были перенесены в аквариумы, в которых находились ранее перечисленные представители сообществ-обрастания (экспозиция 24 ч). Используя методы современной биохимии (гомогенизация, дифференциальное центрифугирование, спектрофотометрия), определяли активность лизосомальных протеиназ и содержание белка в жабрах *Mytilus edulis*.

Предполагается, что мидии определяют микроусловия в сообществе, а следовательно, особенности формирования ценоза обрастания.



На основании полученных данных были сделаны выводы о том, что между исследуемыми видами существуют биотические взаимодействия, отражающиеся в изменении активности лизосомальных протеиназ. Показано, что наибольшие изменения в активности изученных ферментов наблюдаются при 12-часовой экспозиции в жабрах мидии в аквариумах, в которых находились *Styela rustica* и *Hiatella arctica*. Так, отмечено заметное (практически в 2 раза) снижение уровня активности катепсина D, но значительное повышение (в 3–4 раза) активности катепсина B. При 24-часовой экспозиции активность исследуемых протеиназ возвращается на

прежний уровень, за исключением повышения активности катепсина D (практически в 2 раза) в аквариумах, в которых находились *S. rustica*, *H. arctica*. Профили активности аспартильных (катепсин D) и цистеиновых (катепсин B) ферментов находятся в некоторой противофазе: при увеличении активности катепсина D снижается активность катепсина B и наоборот. Данный эффект мы наблюдали и в других токсикологических исследованиях.

Результаты проведенного исследования отражают высокий адаптивный потенциал мидий к воздействию секреторно-экскреторных продуктов тестируемых видов.

## MUTUAL INFLUENCE OF ORGANISMS IN FOULING COMMUNITIES, ON LEVEL OF ACTIVITY OF LYSOSOMAL PROTEINASES *MYTILUS EDULIS* L.

M. M. Parkhomuk, M. Yu. Krupnova, N. N. Nemova

*Institute of Biology, Karelian Research Centre*

Fouling are the communities formed by representatives of the benthos during primary succession on a solid substratum to some extent distance from a bottom of a reservoir. The main competing among themselves in these types of communities are the mussel *Mytilus edulis*, *Hiatella arctica* and astsidii *Styela rustica*. Mussels – specie more «aggressive» in relation to both competitors. To understand how this community is important is the interaction between these species.

In the present experiment examined the effects of different components of fouling communities the White Sea (*H. arctica*, *S. rustica*, *Asterias rubens*, *Halichondria panacea*) on the level of activity of lysosomal proteinases (Cathepsins B and D). This work will evaluate the role and participation lizosom as cell organelles involved in the processes avtoliza, intracellular digestion, and cellular structures, performing a protective function in the studied processes.

Animals for the experiment were collected from fouling artificial substrates in b. Round (g. Chupa Kandalaksha Bay of the White Sea), were placed in aquariums for adaptation (2 days) and mussels were transferred to aquariums, which were previously listed by representatives of community-fouling (exposure 24 h). Using the methods of modern biochemistry: homogenization, differential centrifugation, spectrophotometry we determined

the activity of lysosomal proteinases and protein content in gills of *Mytilus edulis*.

It is suggested that the mussels determine mikroterms in the community and, therefore, particularly the formation coenosis fouling.

On the basis of the data conclusions are made that among the studied species, there are biotic interactions that affect change in the activity of lysosomal proteinases. We shown that the greatest changes in the activity of studied enzymes are observed in the 12-hour exposure in the gills of mussels aquaria, which were *Styela rustica* and *Hiatella arctica*. Thus, a noticeable (almost 2-fold) reduction is observed in the activity of cathepsin D, but significant increase (3–4 times) – of cathepsin B. It should be noted that the activity of the studied proteinases returns to previous level to the 24-hour exposure, except for increasing the activity of cathepsin D in aquariums, which were *S. rustica*, *H. arctica*. Profiles of activity aspartilnyh (cathepsin D) and cysteine (cathepsin B) enzymes are somewhat opposite: increasing the activity of cathepsin D is reduced activity of cathepsin B, and vice versa. This effect, we have seen in other toxicological studies.

The results of the study reflects the high adaptive capacity of mussels to the effects of excretory-secretory products of the tested species.

# АНТИОКСИДАНТНЫЕ ФЕРМЕНТЫ И ИЗОФЕРМЕНТНЫЙ СПЕКТР ЛАКТАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ОРГАНАХ НАСЕКОМОЯДНЫХ И ГРЫЗУНОВ

Е. П. Антонова, В. А. Илюха

*Петрозаводский государственный университет*

Целью нашей работы было изучить межвидовые и внутривидовые различия в активности антиоксидантных ферментов и изоферментных спектров ЛДГ в органах бурозубки обыкновенной и полевки рыжей.

Активность антиоксидантных ферментов и изоферментный спектр ЛДГ определяли в тканях печени, почек, селезенки, скелетной мышцы.

Электрофоретическое разделение изоферментов ЛДГ проводили на агаровом геле. Определение активности АОФ: супероксиддисмутазы (СОД) проводили по модифицированной адrenoхромной методике, каталазы – спектрофотометрически по количеству разложенной перекиси водорода. Содержание белка измеряли методом Лоури. Активность ферментов рассчитывали на 1 г сырой ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

**Зенков Н. К., Ланкин В. З., Меньшикова Е. Б.** Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты. М.: МАИК «Наука / Интерпретика», 2001.

**Ивантер Э. В.** Млекопитающие. 3-е изд., испр. и доп. Петрозаводск: ПетрГУ, 2001. 209 с.

**Ивантер Э. В., Коросов А. В.** Введение в количественную биологию. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 304 с.

Результаты и обсуждение:

1. Максимальное количество межвидовых различий изоферментных спектров ЛДГ обнаружено для почек и скелетной мускулатуры.

2. Отмечались различия в активности антиоксидантных ферментов у животных одного вида, но отловленных в различных частях ареала.

3. Выявлена ткане- и видоспецифичность распределения изоферментных спектров ЛДГ в органах бурозубок и полевок.

4. В почках полевок, отловленных в Карелии, наблюдалась низкая активность каталазы при сдвиге спектра ЛДГ в сторону «аэробных» фракций.

5. Выраженная гетерогенность выборки полевок, отловленных в Карелии, возможно, связана с наличием в ней здоровых и больных животных.

**Кожевникова Л. К., Тютюнник Н. Н., Унжаков А. Р., Мелдо Х. И.** Адаптивная роль изоферментов лактатдегидрогеназы органов млекопитающих различного экогенеза // Проблемы экологической физиологии пушных зверей. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. С. 8–27.

**Пантелеев П. А.** Биоэнергетика мелких млекопитающих. Адаптация грызунов и насекомоядных к температурным условиям среды. М.: Наука, 1983. 271 с.

**Шмидт-Нильсон К.** Размеры животных: почему они так важны? / Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 259 с.

## ANTIOXIDANT ENZYMES AND AN ISOFERMENTAL SPECTRUM OF LACTATE DEHYDROGENASE IN BODIES INSECTIVOROUS AND RODENTS

E. P. Antonova, V. A. Ilyukha

*Petrozavodsk State University*

The purpose of our work was to study interspecific and intraspecific distinctions in activity antioxidant enzymes and isofermental spectra LDH in bodies to ordinary shrew and the red vole.

Activity of antioxidant enzymes and isofermental spectrum of LDH defined in fabrics: a liver, kidneys, a spleen, a skeletal muscle.

Electrophoretic separation of isoenzymes LDH spent to agar-agar gel. Definition of activity of antioxidant enzymes: superoxide dismutase spent on modified adrenohromnoy method, catalase – by

quantity of the spread out peroxide of hydrogen. The maintenance of fiber was measured by method Lowry. Activity of enzymes counted on 1 g a crude fabric.

Results and discussion:

1. The maximum quantity of interspecific distinctions of isofermental spectrum LDH is revealed for kidneys and skeletal muscles.

2. Distinctions in activity of antioxidant enzymes at animals of one kind, but caught in various parts of an area were marked.

3. It is revealed tkane – and kindspecific distributions of isofermental spectrum LDH in bodies shrew and vole.

4. In kidneys vole, caught in Kareliya, it was observed low activity catalase at shift of spectrum LDH towards “aerobic” fractions.

5. The expressed heterogeneity of sample vole, caught in Kareliya is probably connected with presence in it healthy and sick animals.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗООПЛАНКТОНА И ЗООБЕНТОСА УСТЬЕВОГО УЧАСТКА РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

А. И. Сидорова, Н. М. Калинкина

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

Северная Двина – самая крупная река Архангельской области. Длина реки составляет 744 км. На всем протяжении она судоходна. Северная Двина, в частности ее устьевая область, подвержена огромной антропогенной нагрузке. Многочисленные источники загрязнения расположены вдоль реки – предприятия целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности (ОАО «Архангельский ЦБК» и ОАО «Котласский ЦБК»), а также другие производства (ОАО «Савинский цементный завод», Северодвинская ТЭЦ и др.), жилищно-коммунальные хозяйства. Суда речного и морского флота на протяжении навигационного периода загрязняют воду нефтепродуктами. Экосистема Северной Двины находится в неблагоприятном состоянии и требует организации мониторинга. Один из методов контроля – это определение состояния экосистемы по гидробиологическим показателям.

Сбор гидробиологического материала на Северной Двине производился в 2007 г. по схеме мониторинговых станций (8 гидробиологических разрезов с количеством точек сбора на каждом разрезе 3–5). Отбор проб планктона производится путем процеживания определенного объема воды (100 л), взятого в поверхностном слое, через сеть Джеди. Сбор донных орга-

низмов производится дночерпателем Петерсена площадью захвата 0,25 м<sup>2</sup>.

В дельтовой части р. Северной Двины были обнаружены 18 систематических групп и видов зоопланктона (*Calanoida*, *Cyclopoida*, *Harpacticoida*, *Asplanchna* sp., *Bosmina* sp., *Nauplii calanoida*, *Nauplii cyclopoida*, *Alona* sp., *Chydorus* sp., *Polyarthra* sp., *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina*, *Filinia* sp., *Conochilus* sp., *Cyrmus* sp., *Polyphemus pediculus*). Состояние зоопланктонных сообществ было сходным на различных участках дельты реки, главным представителем зоопланктоценозов была *Asplanchna* sp. Однако выделялись два разреза, расположенных в затишных участках. На этих станциях доминировали *Cyclopoida*. В дельтовой части Северной Двины обнаружены представители зообентоса следующих систематических групп: *Oligochaeta*, *Chironomida*, *Nematoda*, *Bivalvia*. Состав сообществ зообентоса зависел от типа грунта. На илистых грунтах по численности преобладали олигохеты, по биомассе – двустворчатые моллюски. На песчаных грунтах по численности доминировали нематоды, по биомассе – двустворчатые моллюски. Полученные данные будут положены в основу дальнейших мониторинговых исследований для оценки степени загрязненности различных участков дельты Северной Двины.

## ASSESSMENT OF ZOOPLANKTON AND ZOOBENTHOS IN THE ESTUARIES OF THE NORTHERN DVINA RIVER

A. I. Sidorova, N. M. Kalinkina

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre*

The Northern Dvina is the largest river in the Arkhangelsk region. The length of the river is 744 km. Throughout the river is navigable. The Northern Dvina and its estuaries, in particular, are subjected

to tremendous anthropogenic load. There are numerous sources of pollution along the river – the pulp-and-paper and wood-processing industries (JSC “Arkhangelsk PPM” and JSC Kotlas PPM),

and other industrial enterprises (JSC Savinsky Cement Plant, Severodvinsk CHP, etc.) as well as housing and communal services. River boats and sea-going ships pollute the water with oil products during the navigation period. The ecosystem of the Northern Dvina River is in poor condition and the organization of effective monitoring is required.

The hydrobiological material was collected on the Northern Dvina River in 2007 under the scheme of monitoring stations (8 hydrobiological sections with 3–5 collection points in each section). Sampling of plankton was made by collecting a certain volume of water (100 l), taken in the surface layer via the net of Jedi. Collection of benthic organisms was made by Peterson Grab, with embracing space 0,25 m<sup>2</sup>.

Eighteen systematic groups and zooplankton species were found in the estuaries of the Northern Dvina River (*Calanoida*, *Cyclopoida*, *Harpacticoida*, *Asplanchna* sp., *Bosmina* sp., *Nauplii calanoida*, *Nauplii cyclopoida*, *Alona* sp.,

*Chydorus* sp., *Polyarthra* sp., *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina*, *Filinia* sp., *Conochilus* sp., *Cyrcus* sp., *Polyphemus pediculus*). The condition of zooplankton dominant communities was similar in different parts of the river delta *Asplanchna* sp. being. However, there were two sections, located in quiet sites, where *Cyclopoida* dominated. There are 4 benthic groups which were found in the estuaries of the Northern Dvina River (*Oligochaeta*, *Chironomida*, *Nematoda*, *Bivalvia*). The composition of zoobenthos communities depended on the type of bottom sediment. In term of number oligochaetes dominated on the muddy bottoms, while in term of biomass – bivalves. However, on sandy sediments nematodes dominated in terms of number, and again bivalves dominated in terms of biomass. The data obtained will form the basis for further monitoring studies to assess the degree of contamination of various parts of the Northern Dvina River estuaries.



---

# Пример международного сотрудничества студентов-слушателей курсов «Балтийского Университета» из разных стран

---

## БИОМОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Ядвига Антолак,<sup>\*</sup> Сергей Нисканен<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Университет Науки и Технологии, Институт охраны и использование окружающей среды, Краков, Польша

<sup>\*\*</sup> Петрозаводский Государственный университет, Петрозаводск, Россия

### ВВЕДЕНИЕ

(Сергей Нисканен и Ядвига Антолак)

Главным свойством водной среды является поддержание биоразнообразия и воспроизводство биоресурсов. Биологические сообщества и качество воды в значительной мере определяются ее естественным состоянием, антропогенной нагрузкой и уровнем очистки сточных вод. Основной целью мониторинга является оценка состояния водной экосистемы и влияния естественных и антропогенных факторов на сообщества и водную экосистему в целом по биологическим показателям.

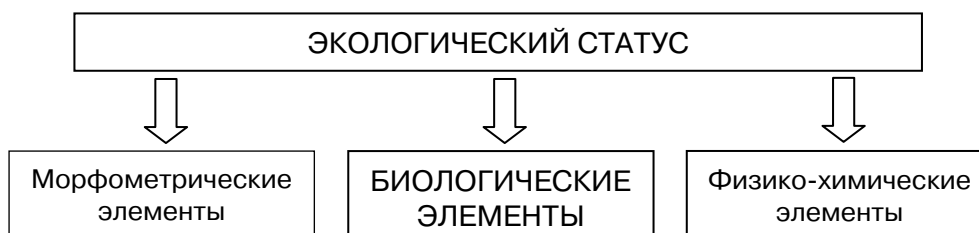
В мониторинге особенно важны комплексные исследования. Выполняется не только сбор биологических проб, но и гидрохимические и гидрофизические измерения: pH, растворенный кислород, содержание биогенных веществ, металлов, нефтепродуктов и пестицидов; температура, течение, осадки и эрозийные процессы в руслах рек и по берегам озер. Для контроля качества воды также широко используются оценки количества и разнообразия водных форм жизни, а также выживаемости тест-объектов.

### КАЧЕСТВО ВОДЫ В ЕВРОСОЮЗЕ

(Ядвига Антолак)

Во многих европейских странах системы оценки состояния воды и классификации были обновлены до современного, годного к использованию состояния. Постановления, вступившие в силу, обычно определяют стандарты, по большей части основанные на физико-химических параметрах. Европейская водная рамочная директива (WFD), которая вступила в силу в конце 2000 г., коренным образом изменила способы мониторинга, оценки и управления состоянием воды во многих европейских странах. Два ключевых понятия, которые она вводит в законодательство, – это «экологический статус» и «управление водными ресурсами на уровне речного бассейна».

Экологический статус является выражением качества структуры и функционирования водных экосистем. При таком подходе акцент делается на использовании биологических качественных показателей при сопутствующем характере химических и физических элементов. Сопутствующий характер означает, что значения физико-химических и гидроморфо-



логических показателей поддерживают биологическое сообщество определенного экологического статуса тем фактом, что эти биологические сообщества являются результатом физических и химических свойств их окружения. Контроль или оценка физических и физико-химических элементов оказывают помощь в истолковании и классификации результатов, получаемых при исследовании биологических показателей.

Использование небиологических элементов для оценки состояния биологических показателей может их дополнять, но оно не может их заменить!

Есть несколько биологических показателей, которые оцениваются в поверхностных водах для классификации экологического состояния рек, озер, эстуарных вод, прибрежных вод морей, искусственных и сильно измененных поверхностных водоемов.

Биологические показатели	Реки	Озера	Эстуарные воды	Прибрежные воды морей	Искусственные и сильно трансформированные водоемы
Фитопланктон	x	x	x	x	Применяются показатели наиболее близкого типа поверхностных вод
Макрофиты и фитобентос	x	x			
Бентос	x	x	x	x	
Водоросли			x	x	
Покрытосеменные			x	x	
Рыбная фауна	x	x	x		

Под WFD разработаны новые системы контроля и классификации. Существуют три вида обязательного мониторинга:

постоянный мониторинг – для проверки антропогенной нагрузки и оценки долгосрочных тенденций изменения экосистемы;

оперативный мониторинг – для помощи в классификации водоемов, подверженных риску изменения статуса;

исследовательский мониторинг – для установления причинно-следственных связей в изменении статуса водоема.

В каждой стране ЕС национальные программы контроля качества воды были обновлены в соответствии с требованиями WFD.

Схема классификации качества воды WFD включает в себя пять классов по качеству: высокое, хорошее, умеренное, посредственное и плохое.

«Высокое качество» определяется отсутствием или очень низким уровнем влияния человека на биологические, химические и морфологические параметры. Оно также называется «рекомендованным состоянием», так как это лучшее из достижимых состояний – эталон. Это состояние различно для разных типов рек, озер и прибрежных вод, с тем чтобы принять во внимание широкое разнообразие экологических регионов в Европе.

#### БИОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕГИОНЕ МАЛАЯ ПОЛЬША (Ядвига Антолак)

Малая Польша – один из 16 регионов в Польше, находящийся в районе бассейна р. Вислы. Согласно Европейской водной рамочной дирек-

тиве, Польша была разделена на регионы по речным бассейнам и управляется 7 Региональными Управлениями водными ресурсами. Małopolska расположена большей частью в водном регионе Верхней Вислы (Górna Wisła). Здесь 23 реки имеют бассейны площадью более 100 км², 6 рек – более 500 км² и 7 рек – более 1000 км². Качество воды контролируется в рамках Национального экологического мониторинга.

В 2006 г. мониторинг качества воды в регионе Małopolska включал 47 рек и 1 водохранилище. Системой мониторинга был проведен отбор 87 проб и контрольных точек, которые были созданы для обслуживания различных видов водного мониторинга.

Тип водного мониторинга	Количество проб и контрольных точек
Надзорный мониторинг	75
Мониторинг качества питьевой воды	33
Мониторинг воды как среды обитания рыб	71
Мониторинг загрязнения вод азотом сельского хозяйства	70
Мониторинг эстуарных вод	4
Мониторинг Eurowaternet	9
<b>Общее количество проб</b>	<b>262</b>

Для нужд лабораторных исследований были отобраны 1004 пробы воды и 41 биологическая проба – для оценки качества воды. Были сделаны около 45 000 оценок, и 1500 из них предназначались для определения качества воды.

Основным показателем биологического качества воды, который был оценен в поверхностных водах Малой Польши, являлась донная бес-

позвоночная фауна. Некоторые особенности этих организмов повлияли на решение о выборе их в качестве индикаторов. Бентические беспозвоночные являются постоянными обитателями рек, и их активность приходится на малую площадь. Время их жизни оказалось достаточно длинным, поэтому межвидовая изменчивость и количество особей отражают долгосрочные изменения в водной среде, находящейся под влиянием антропогенной нагрузки. Показатели фауны бентических беспозвоночных были оценены в 19 реках и послужили для классификации экологического состояния рек в соответствии с требованиями Европейской водной рамочной директивы.

Результаты биологических анализов показывают следующее:

34,1% поверхностных вод – высокое качество

24,4% поверхностных вод – хорошее качество

36,6% поверхностных вод – умеренное качество

4,9% поверхностных вод – посредственное качество.

#### БИОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ (Сергей Нисканен)

Россия имеет наибольшее количество пресной воды в мире. Одной из самых богатых водоемами ее областей является Республика Карелия, расположенная в северо-западной части страны. В Карелии более 60 тыс. озер и 27 тыс. рек. Поэтому очень важен контроль, сохранение и охрана водных ресурсов.

Биологические методы контроля за качеством воды в СССР начали использоваться с 1970-х гг. в гидрометеорологической службе (Определитель..., 1977).

Анализ методических принципов и организации регионального экологического мониторинга водных объектов в Республике Карелия (РК) был произведен Правительством РК и Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН в 1992 г. (Современное состояние..., 1998).

Наблюдательная сеть охватывала около 100 водных объектов в 1992–1997 гг. при участии более чем 200 станций мониторинга. Качество воды контролируется с точки зрения химических и биологических параметров. Контроль химического состава воды и донных отложений включает в себя измерение их основных качественных показателей.

Гидробиологические исследования организованы в соответствии с главными трофическими группами: фито-, бактерио-, зоопланктона, бентоса и макрофитов. Определены основные параметры водных сообществ: численность,

плотность и биомасса, список и число видов, биоразнообразие, структуры доминирующих комплексов и видов-индикаторов и т. д.

Определены трофические состояния для экосистем более чем 80 озер (рис.).

Наиболее важное озеро – Онежское, которое отличается уникальным качеством воды и естественным олиготрофным статусом. Концентрация фосфора составляет 8–12 мг/л и является ограничителем для питания фитопланктона. Минерализация воды низкая (30 мг/л). В озере отсутствует дефицит кислорода и биотические процессы не затруднены. Однако в 1990-х гг. содержание фосфора снизилось и в экосистеме Онежского озера произошли негативные изменения, особенно это заметно в Кондопожской губе.

С 1992 г. биомониторинг проводился специалистами Института водных проблем Севера. Долгое время главной целью контроля за Онежским озером было определение естественного изменения химических и биологических переменных и оценка процесса антропогенной эвтрофикации. Полученные данные показали, что интенсивность эвтрофикации различна в разных районах озера.

Несмотря на стабилизацию экологической обстановки в Онежском озере, проблема улучшения качества воды по-прежнему актуальна.

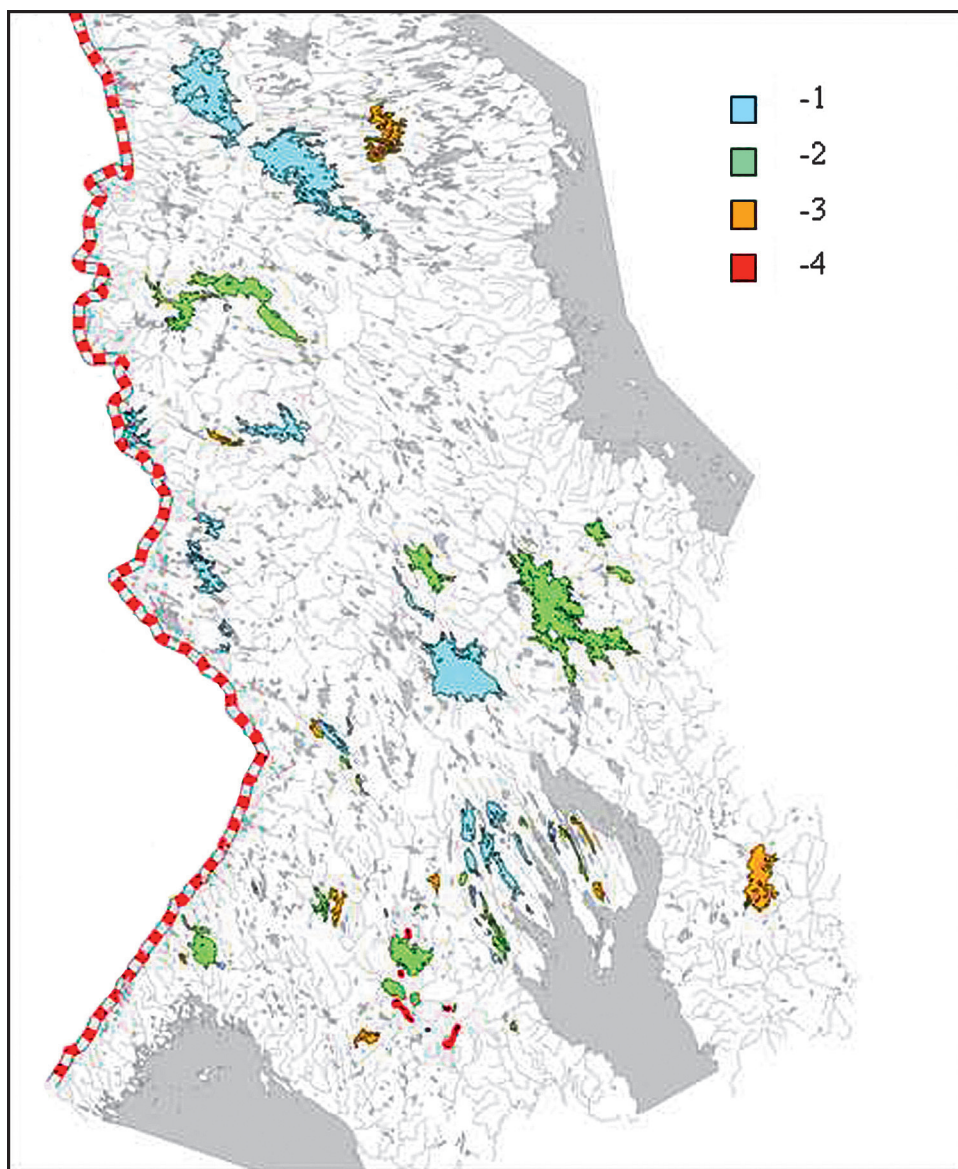
#### БИОМОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА (Сергей Нисканен)

Петрозаводская губа служит основным источником питьевой воды для г. Петрозаводска, и очень важно контролировать состояние ее экосистемы. Целью данной работы является оценка сообщества зоопланктона как индикатора качества воды Петрозаводской губы.

Этот залив – один из крупнейших в Онеге – расположен в западной части озера. Его длина составляет 19 км, средняя ширина – 7 км, площадь поверхности – около 125 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 18,2 м.

Петрозаводская губа находится под антропогенным влиянием р. Шуи и сточных вод г. Петрозаводска. В 1990–2001 гг. антропогенная нагрузка на Петрозаводскую губу была уменьшена. Концентрация  $P_{tot}$  в заливе все еще в два раза больше, чем в центральной части. Биомасса фитопланктона в период вегетации колеблется от 0,1 до 3 г/м<sup>3</sup>. Преобладают диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли.

Долгое время считалось, что сообщества зоопланктона дают гораздо меньший объем



Трофическое состояние озер по результатам биомониторинга  
(по данным Е. В. Теканова и М. Т. Сярки):

1 – олиготрофия, 2 –  $\alpha$ -мезотрофия, 3 –  $\beta$ -мезотрофия, 4 – эвтрофия

Trophic state of lakes as results of biomonitoring  
(by information of E. V. Tekanova and M. T. Syarki):

1 – oligotrophy; 2 –  $\alpha$ -mesotrophy; 3 –  $\beta$ -mesotrophy; 4 – eutrophy

информации по сравнению с фитопланктоном. Когда зоопланктон был включен в мониторинговые наблюдения, обычно использовались следующие параметры: видовой состав, численность, биомасса и соотношение основных таксономических групп. Только недавно начали использоваться некоторые данные о продукции зоопланктона. В последнее время информационный потенциал зоопланктона как инструмента биомониторинга был замечен и для целей мониторинга были предложены новые индексы, основанные на собственных и литературных данных.

Подчеркивается важность подробного анализа таксономических, размерных и пищевых структур сообщества зоопланктона. Рекомендуется использовать следующие характеристики: число доминирующих видов и их изменений в долгосрочной перспективе, общая численность и биомасса, численность и биомасса малых коловраток, соотношение основных таксономических групп, средний вес отдельных представителей, индекс Шеннона, трофический статус, соотношение  $N_{cru}/N_{rot}$ ,  $B_{cru}/B_{rot}$ ,  $N_{cop}/N_{clad}$ ,  $B_{cop}/B_{clad}$  и т. д. Интегральный



индекс R/B, включающий такую функциональную характеристику, как дыхание; а также соотношение Bzoo/Bphyto за период открытой воды считаются информативными показателями процесса эвтрофикации. В таких глубоких озерах, как Онежское, присутствует явление стратификации, поэтому необходимо анализировать как эпи-, так и гипolimнион. Результаты наблюдений должны быть представлены по всей водной толще и на каждый слой отдельно. Процесс изменения в сообществе в зависимости от различных параметров может быть более очевидным и информативным в эпи- или гипolimнионе.

Количественные параметры зоопланктона в центральной части Онежского озера (0,01–0,02 тыс. экз./м<sup>3</sup>; 0,1 г/м<sup>3</sup>) были ниже, нежели в губах (100–150 тыс. экз./м<sup>3</sup> и иногда больше чем 3 г/м<sup>3</sup> в эвтрофных зонах). Доминирующий комплекс состоит из нескольких видов: *Limnocalanus macrurus*, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckartii*, *Daphnia cristata*, *Kellicottia longispina* и т. д. Количество видов и структура сообщества зависят от сезонной динамики и трофических условий. Ракообразные в доминирующих группах составляют более 50% биомассы зоопланктона.

Контрольные выборки обычно делают летом, хотя сезонные наблюдения очень важны в таких исследованиях. Для характеристики ежегодной цикличности в пелагическом планктоне необходим анализ сезонной динамики. Еженедельные пробы были отобраны для этой цели.

## ЛИТЕРАТУРА

**Куликова Т. П., Сярки М. Т.** Структура и качественные показатели зоопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 191–211.

**Определитель** пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос). Л.: Гидрометеиздат, 1977. 512 с.

**Современное состояние** водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. 188 с.

Были описаны сезонные изменения видового состава. Список видов включает 46 таксонов (8 – Copepoda, 17 – Cladocera и 21 – Rotatoria). Средняя плотность зоопланктона в центральной части залива 22 тыс. экз./м<sup>3</sup> и биомасса 0,23 г/м<sup>3</sup>. Соотношения основных таксономических групп свидетельствуют об увеличении трофии. Например, соотношение плотности ракообразных к плотности коловраток составляет 0,8 в Петрозаводской губе и 5,8 в центральной части озера. Отношения плотностей Cladocera и Copepoda – 26,1 в губе по сравнению с 5,9 в открытом озере.

В настоящее время список видов, плотности и биомассы зоопланктона сообщества указывают на олиго-мезотрофный статус экосистемы залива. Результаты работы будут использованы для оценки состояния сообществ зоопланктона и прогнозирования.

## ВЫВОДЫ

Проведенная совместная работа показывает общую схожесть программ мониторинга состояния воды в России и Евросоюзе. Основная их цель – контроль над изменением ключевых показателей водной экосистемы и поддержание водоема в его естественном состоянии.

Некоторые различия в методиках и выборе параметров определения обуславливаются разностью преобладающих водоемов: в Карелии наличествуют крупные озера, тогда как территория Польши богата в основном реками.

**Состояние** водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 210 с.

**Сярки М. Т.** Зоопланктон // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. С. 54–67.

**Environmental monitoring** in Lake Ladoga. Proposal for a monitoring program. Joensuu yliopistopaino, 2000. 112 p.

**Proceeding** of a workshop on monitoring of large lakes. Joensuu, 1999. 214 p.

**EU water** Framework directive (Directive 2000/60) EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a Framework for Community action in the Field of water policy).

---

# The example of the international co-operation of students-participants of the Baltic University courses

---

## BIOLOGICAL WATER QUALITY

Jadwiga Antolak\*, Sergey Niskanen\*\*

\* *University of Science and Technology, Institute of Environmental Protection and Management, Krakow, Poland*

\*\* *Petrozavodsk, State University, Petrozavodsk, Russia*

### INTRODUCTION

(by Sergey Niskanen & Jadwiga Antolak)

The main attribute of the water environment is keeping of biodiversity and bioresources reproduction. Water quality and biological communities are greatly determined by natural condition, anthropogenic loading and sewage treatment. The main aim of monitoring is to evaluate of water ecosystem state, follow a trend of the indices and evaluate influence of native and anthropogenic factors on the communities and the water ecosystem as a whole.

There are very important complex investigations for monitoring. Not only biological samplings carry out, but also hydrochemical and hydrophysical measurements condition of water, like pH, dissolved oxygen, nutrients, metals, oils, and pesticides; temperature, flow, sediments, and the erosion potential of stream banks and lake shores. Biological measurements of the abundance and variety of aquatic plant and animal life and the ability of test organisms to survive in sample water are also widely used to monitor water quality.

### WATER QUALITY IN EUROPEAN UNION

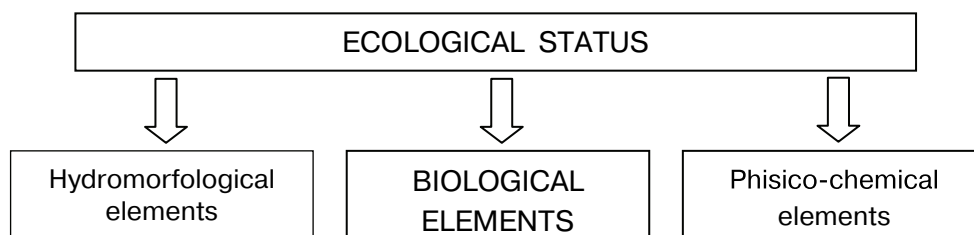
(by Jadwiga Antolak)

In many European countries water assessment and classification systems had up to now character

usable. Regulations that were in force usually defined standards which were mostly based on physicochemical variables. The EU water framework directive (WFD), which came into force at the end of 2000, has fundamentally changed how water is monitored, assessed and managed in many European countries. Two of the key concepts it introduces to legislation are 'ecological status' and 'water management at the river basin level'.

Ecological status is an expression of the quality of the structure and functioning of aquatic ecosystems. This approach laid stress on utilization biological quality elements while chemical and physical quality elements have supporting character. Supporting means that the values of the physicochemical and hydromorphological quality elements are such as to support a biological community of a certain ecological status, as this recognises the fact that biological communities are products of their physical and chemical environment. The monitoring or assessment of the physical and physicochemical quality elements will support the interpretation assessment and classification of the results arising from monitoring of the biological quality elements.

The use of non-biological indicators for estimating the condition of a biological quality element may complement the use of biological indicators but it cannot replace it!



There are some biological quality elements which are assessed in surface water for classification of ecological status of rivers, lakes, transitional waters, coastal waters, artificial and heavily modified surface water bodies.

Under the WFD new monitoring and classification systems have developed. There are three types of monitoring required:

Biological quality elements	Rivers	Lakes	Transitional water	Coastal water	Artificial and heavily modified surface water bodies
Phytoplankton	x	x	x	x	The quality elements shall be those applicable to whichever of the four natural surface water categories above most closely resembles the heavily modified or artificial water body concerned
Macrophytes and phytobenthos	x	x			
Benthic invertebrate fauna	x	x	x	x	
Macroalgae			x	x	
Angiosperms			x	x	
Fish fauna	x	x	x		

Surveillance monitoring – to validate the characterisation of pressure and impact assessments and to detect long-term trends.

Operational monitoring – to help classify those water bodies which are at risk of failing to meet 'good ecological status'.

Investigative monitoring – to ascertain the cause and effects or a failure to meet 'good ecological status' where it is not clear.

In each UE countries national water quality monitoring programs have been updated according to the requirements of the WFD.

The WFD classification scheme for water quality includes five status classes: high, good, moderate, poor and bad.

'High status' is defined as the biological, chemical and morphological conditions associated with no or very low human pressure. This is also called the 'reference condition' as it is the best status achievable – the benchmark. These reference conditions are type-specific, so they are different for different types of rivers, lakes or coastal waters so as to take into account the broad diversity of ecological regions in Europe.

#### BIOLOGICAL WATER QUALITY IN MAŁOPOLSKA REGION (by *Jadwiga Antolak*)

Małopolska – one of the 16 regions in Poland is located in The Wisła river basin area. Under Water Framework Directive our country have been divided on water regions which are managed at the river basin level by 7 Regional Water Management Authorities. Małopolska is an area mostly including "Górna Wisła" water region. There are 23 rivers with basin area larger than 100 km<sup>2</sup>, 6 rivers with basin area larger than 500 km<sup>2</sup> and 7 rivers with basin area larger than 1000 km<sup>2</sup>. Water quality is monitored within the framework of National Environment Monitoring.

In 2006 water quality monitoring in Małopolska region including 47 rivers and 1 storage reservoir.

System of monitoring was conducted on 87 sampling and control points which was established for serving various types of water monitoring.

Type of water monitoring	Quantity of sampling and control points
Surveillance monitoring	75
Drinking water quality monitoring	33
Monitoring of water as a fish habitat	71
Monitoring of water pollution by nitrogen from agriculture	70
Boundary water monitoring	4
Eurowaternet monitoring	9
<b>Total number of sampling</b>	<b>262</b>

For needs of laboratory researches there were taken 1.004 water samples and 41 biological samples to assess water quality. There were made about 45.000 assessments and 1.500 out of them was made to define biological water quality.

The main biological water quality element which was assessed in surface water of Małopolska was benthic invertebrate fauna. A few features of these organisms decide about choosing them as indicators. Benthic invertebrates constantly settled rivers and they are active in a small range. Their life period seems to be rather long, so changes among species and their quantity reflect long-term changes in water environment which is under the influence of anthropogenic pressure. Benthic invertebrate fauna element was assessing in 19 rivers and it served for classification of ecological status of rivers according to requirements of Framework Water Directive.

The results of biological analyses show as follows:

- 34,1% of surface water – high quality
- 24,4% of surface water – good quality
- 36,6% of surface water – moderate quality
- 4,9% of surface water – poor quality

## BIOLOGICAL WATER QUALITY IN REPUBLIC KARELIA (by Sergey Niskanen)

Russia has greatest fresh water resources in the world and one of the richest of waterbodies area is Republic of Karelia, which situated in north-west part of Russia. There are more 60 thousands lakes and 27 thousands rivers here. So it's very important to monitoring, reservation and conservation of water resources.

Biological methods in monitoring of water quality in hydrometeorological service in USSR have started used since 1970<sup>th</sup> years (Key-book..., 1977).

The analysis of methodical principles and organization of regional ecological monitoring of water bodies in the Republic of Karelia (RK) were made by Government RK and Northern Water Problem Institute (NWPI) in 1992 (Status..., 1998).

The observation network covered about 100 water bodies in 1992–1997, involving more than 200 monitoring stations. Water quality was monitored in terms of chemical and biological parameters. Monitoring of the water chemical compositions and bottom sediments includes measurements of the main indices of their quality.

Hydrobiological investigations are organized according to the major trophic groups: phyto-, bacterio-, zooplankton, benthos and macrophytes. The main parameters of water communities were determined: abundance, density and biomass, list and number of species, biodiversity, structure of dominant complex and indicator species etc.

The trophic state of more than 80 lake ecosystems were determined (Fig.).

The most important lake is Lake Onego, which has unique water quality and natural oligotrophic state. Phosphorus concentration is 8–12 mg/l and one limit nutrient for phytoplankton. Water mineralization is low (30 mg/l). There is no oxygen deficit in the lake and biotic processes are not difficult. But in 1990's phosphorus contents decreased and the stress and negative changes took place in the Lake Onega ecosystem, spatially in Kondopoga bay.

Since 1992 year biomonitoring were carried out by specialists of Northern water problems Institute of RAS. For a long time the main monitoring aim for Lake Onego was to determine the natural fluctuation of chemical and biological variables and to evaluate the process of anthropogenic eutrophication. The received data has revealed that the intensity of eutrophication varies in different areas of the lake.

In spite of the stabilization of ecological conditions in Lake Onego, the problem of the improvement of the quality of its water is still of current concern.

## ZOOPLANKTON BIOMONITORING OF WATER QUALITY IN PETROZAVODSK BAY (by Sergey Niskanen)

Petrozavodsk bay is the main source of fresh water for the Petrozavodsk city and very important make control for its ecosystem state. The aim of this work is the evaluation of zooplankton community as indicator of water quality in Petrozavodsk bay.

This bay – one of the biggest in the Onego, is located in west part of lake. Its length is 19 km, average width – 7 km, water surface area – about 125 km<sup>2</sup>, average depth – 18.2 meters.

Petrozavodsk bay has the anthropogenic influence from Shuja River and sewage water of Petrozavodsk city. In 1990–2001 anthropogenic load on the Petrozavodsk bay has been decreased. Concentrations of  $P_{tot}$  in the bay still twice greater than in the central part. Biomass of phytoplankton during vegetation varies from 0.1 up to 3 g/m<sup>3</sup>. Diatomic, green, bluegreen were dominated.

For a long time zooplankton community characteristic have been considered of rather low informative value compared with those of phytoplankton. When zooplankton has been included in monitoring observations the following parameters were usually used: species composition, numbers, biomass, and ratio of the main taxonomic groups. Only recently, some data on zooplankton production were started to be used. At the latest period the informative potential of zooplankton as a tool of biomonitoring has been noticed and many indices based on the own and reviewed literature data have been suggested for monitoring purposes.

The importance of detailed analysis of taxonomic, size, and trophic structures of the zooplankton community is emphasized. The following characteristics are recommended to be used: a number of dominants and their shifts in long-term period, total numbers and biomass, numbers and biomass of small-sized rotifers, ratio of the main taxonomic groups, mean individual weight of zooplankton, Shannon diversity index, index of trophic, ratios of  $N_{cru}/N_{rot}$ ,  $B_{cru}/B_{rot}$ ,  $N_{cop}/N_{clad}$ ,  $B_{cop}/B_{clad}$  etc. Integrative index  $R/B$ , including such a functional characteristics as respiration, and ratio of  $B_{zoo}/B_{phyto}$  for the open water period are considered as high informative index of eutrophication process. In such deep temperature stratified large lakes as Onego, it is necessary to analyze both epilimnion and hypolimnion layers. The results of observations ought to be represented for the entire water column and for these layers separately. The process of changing in the community according



to the different parameters may be more evident and informative either in the epilimnion or hypolimnion

The zooplankton quantity parameters in central part of Lake Onego (0.01–0.02 th. ind./m<sup>3</sup>; 0.1 g/m<sup>3</sup>) were lower than ones in bays (100–150 th. ind./m<sup>3</sup> and sometimes more than 3 g/m<sup>3</sup> in eutrophic areas). Dominate complex consists of some species: *Limnocalanus macrurus*, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckartii*, *Daphnia cristata*, *Kellicottia longispina* etc. The number of specie and structure of community depends on seasonal dynamic and trophic conditions. Crustacean is dominated group constituting more than 50% of the zooplankton biomass.

Monitoring sampling usually make in summer, but seasonal observations are very important in these studies. For the characteristic registration of in annual cycling in pelagic plankton needed analysis of seasonal abundance. Weekly sampling was got for it. Seasonal changes of species list were described.

List of species include 46 taxon (8 – Copepoda, 17 – Cladocera и 21 – Rotatoria). Average density of zooplankton in central part of bay is 22 th. ind./

m<sup>3</sup> and biomass is 0.23 g/m<sup>3</sup>. The rations of main taxonomic groups indicate increase trophic. For example, the ration of crustacean density to rotifer density is 0.8 in Petrozavodsk bay and one is 5.8 in central part of lake. The relations of densities of Copepoda and Cladocera are 26.1 in bay as compared with to 5.9 in open lake.

Nowadays, the list of species, density and biomass of zooplankton community indicate the oligo-mesotrophic state of plankton. Results of this work will be used for evaluation state of zooplankton community and prediction.

## CONCLUSIONS

Jointly work shows the general similarity of programs for monitoring water quality in Russia and the EU. Their main objective – control the change in key indicators of water ecosystem and the reservation of its natural state.

Some diffirences in the methods and choice of the quality elements determining the difference between the prevailing water: Karelia is present in large lakes, while the territory of Poland is rich in the main rivers.

## REFERENCES

**Enviromental monitoring** in Lake Ladoga. Proposal for a monitoring program. Joensuu yliopistopaino, 2000. 112 p.

**Key-book** of fresh-water invertebrates animals of European part USSR. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1977. 512 p. [in Russian].

**Proceeding** of a workshop on monitoring of large lakes. Joensuu, 1999. 214 p.

**Status** of water objects in Republic Karelia. According to 1998–2006 monitoring results. Petrozavodsk, 2007. 210 p. [in Russian].

**Status** of water objects in Republic Karelia. According to 1992–1997 monitoring results. Petrozavodsk, 1998. 188 p. [in Russian].

EU water Framework directive (Directive 2000/60) EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a Framework for Community action in the Field of water policy).

## РЕФЕРАТЫ

УДК 502.131.1: 556.55

**Вопросы устойчивого развития, роль науки и образования на примере науки об озерах – лимнологии.** Филатов Н. Н., Меншуткин В. В. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 9–15: ил. 4. Библиогр. 14 назв.

В работе рассматривается роль науки и образования при реализации концепции «устойчивого развития» в условиях России. На примере науки об озерах – лимнологии – показаны оптимальные пути развития этой области знания.

The paper deals with the role of science and education in implementation of the “sustainable development” concept in Russia. The example of the study of lakes – limnology – is used to demonstrate the best ways to develop this sphere of knowledge.

УДК 37: 502.131.1

**Образование для устойчивого развития – необходимая предпосылка для формирования будущего.** Линдберг К. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 16–28. Библиогр. в назв.

В статье рассматривается проблема организации и внедрения стратегии «Образование для устойчивого развития», решение которой является важнейшей задачей современного общества. Концепция устойчивого развития основана на принципе «думать сообща». Она предполагает как политическую волю, так и личную ответственность граждан. А для этого, естественно, требуется образование.

Вот уже 30 лет ЮНЕСКО ведет успешную и крайне важную работу, позволившую сформировать идею образования для устойчивого развития, которое содержит три направления – экономическое, социальное и экологическое.

При реализации стратегии необходимо учитывать все уровни образовательных учреждений – от детского сада до университетов.

Декада образования для устойчивого развития 2005–2014 гг. предполагает активную работу учителей, руководителей школ и вузов, школьников и студентов, министров и политиков в сфере образования по всему миру, направленную на изменение образо-

вательных систем с целью воспитания нового поколения, способного и желающего обеспечить устойчивое развитие общества.

The problems of organization and implementation of the Strategy “Lifelong Learning for Sustainable Development” are rewired in this article. The decision of this task is the most important for the present-day society. The concept of sustainable development is based on the principle of “common consideration”.

UNESCO has for 30 years carried out excellent and vital work leading to the ideas of education for sustainable development, which consists from 3 directions – economical, social and environmental.

It is necessary to consider all level of the educational system from the children gardens up to the universities during the realization of the strategy.

The 2005–2014 Decade of Education for Sustainable Development suggests the active work of teachers at all levels, school and university heads, students, education ministers and other education politicians all around the world directed to the modification of the education systems with the purpose of new generation upbringing with the ability and will to create the sustainable development in our societies.

УДК 556.555.5 (470.22)

**Ледовый режим озер Карелии.** Ефремова Т. В., Здоровеннова Г. Э., Пальшин Н. И. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 31–40: ил. 12, табл. 1. Библиогр.

Проведен детальный анализ многолетних данных ледового режима 38 озер Карелии, отличающихся размером, глубиной и географическим положением. Показано, что дата установления льда зависит от температуры воздуха, географической широты, высоты над уровнем моря и средней глубины озера. Увеличение температуры воздуха приводит к более позднему замерзанию озер, в то время как увеличение глубины озера, высоты над уровнем моря или географической широты способствуют более раннему замерзанию. В глубоком озере более высокие температуры воды в комбинации с большими глубинами (и связанная с этим большая теплоемкость) задерживают замерзание, и водоем интегрирует температуру воздуха за более длительный период. Отмечено существенное различие процессов образования и разрушения льда на крупных глубоководных и мелководных водоемах. На больших по площади водоемах преобладает образование кристалли-

ческого льда. На малых озерах вследствие давления снега на лед и выхода воды на поверхность образуется белый лед, толщина которого к концу зимы может достигать 30–50% от общей толщины льда. Образование и разрушение льда на озерах – фундаментально различные процессы. Глубина – физически самая важная в образовании ледового покрова – почти не оказывает никакого влияния при его разрушении. Среднегодовое окончание ледостава на исследованных северных озерах региона наступает на 2–3 недели позже (третья декада мая), чем на южных (первая декада мая). Среднегодовое продолжительность ледостава на северных озерах составляет в среднем 180–190 сут, на южных – 160–170 сут.

Приведены результаты многолетних полевых исследований свойств льда небольшого мелководного оз. Вендюрского. Показана пространственная и временная изменчивость толщины и структуры снежного и ледового покровов озера. Представлен диапазон изменчивости альбедо снега и льда для широкого спектра состояний поверхности. Представлены результаты полевых экспериментов, направленных на определение степени ослабления солнечной радиации снегом и льдом. Определены значения эффективного коэффициента ослабления солнечной радиации снегом и льдом.

Long-term ice cover records from 38 freshwater lakes in Karelia were assembled and analysed. It is shown that lake-freezing dates depend on air temperature, latitude, elevation above sea level, and mean depth of a lake. An increase in air temperature leads to later freezing of lakes while an increase in the lake depth, elevation above sea level, or latitude stimulate earlier freezing. Essential distinction of processes of freezing and ice break-up in large deep-water and shallow reservoirs is noted. The results of 15-years field experimental investigations of ice properties of small shallow Lake Vendyurskoe are shown. The spatial and temporal variability of the thickness and structure of snow-and-ice cover is shown. The ranges of variations in the albedo of snow and ice for a wide spectrum of the state of surface are presented. The results of field experiments aimed to determine the degree of absorption of solar radiation by snow and ice are presented. The effective extinction coefficient of solar radiation by snow and ice is determined. The present study is supported by the Russian Academy of Sciences and Russian Fund of Basic Research (project 07-05-00351).

УДК 551.588.4

**Влияние крупного водоема на климат прилегающих территорий.** Назарова Л. Е., Макарова А. С. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 41–48: ил. 4, табл. 4. Библиогр. 12 назв.

Водоемы не являются источником коренного преобразования климатических условий, но в то же время вносят заметные изменения в местный климатический режим. Влияние крупных водоемов проявляется в основном в том, что они отепляют (или охлаждают) и увлажняют побережья, ослабляют континентальность климата в радиусе влияния водоема, из-за

уменьшения шероховатости подстилающей поверхности возрастает скорость ветра по сравнению с побережьями. В данной работе было показано, какое влияние оказывают крупные водоемы на окружающую территорию.

Reservoirs are not a source of radical restructuring of environmental conditions, but at the same time make appreciable changes to a local climatic mode. Influence of large reservoirs is shown in basic that they do more warmly (or coldly) and humidify coasts, weaken continentality of a climate in radius of influence of a reservoir, because of reduction of a roughness of a spreading surface speed of a wind in comparison with coasts increases. In the given work it has been shown, what influence is rendered by large reservoirs on surrounding territory.

УДК 502.175: [502.51: 504.5]: 595.324 (470.22)

**Использование тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg при биотестировании техногенных вод горнорудного производства.** Калинин Н. М. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 48–52: табл. 6. Библиогр. 22 назв.

Обсуждается проблема поиска более чувствительных тест-объектов для биотестирования отходов различных производств. Предлагается использование нового для условий Карелии тест-объекта – ветвистоусого рачка *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (цериодафия). Рассматриваются методы культивирования этого вида и постановки на нем токсикологических экспериментов. В подострых опытах цериодафия проявила меньшую устойчивость к действию техногенных вод Костомукшского ГОКа и солей калия, натрия и кальция по сравнению со стандартным тест-объектом – рачком *Daphnia magna* Straus. Вид *Ceriodaphnia affinis* рекомендуется в качестве нового тест-объекта для контроля за токсичностью воды хвостохранилища Костомукшского ГОКа.

The problem of search of more sensitive test-objects for different wastes biotest is discussed. The new test-object for condition of Karelia – *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Crustacea, Cladocera) – is proposed. The methods of cultivation and toxicological approaches with using of this species are examined. In the sub-acute experiments *Ceriodaphnia affinis* is characterized by lower resistance to the influence of technogeneous waters of Kostomuksha Mining Mill and main cations (potassium, sodium and calcium) than standard test-object *Daphnia magna* Straus. The species *Ceriodaphnia affinis* is recommended as a new test-object for the purposes of control of toxicity of Kostomuksha Mining Mill technogeneous waters.

УДК 551.583 (470.22)

**Изменение глобального и регионального климата.** Назарова Л. Е. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 53–64: ил. 3. Библиогр. 18 назв.

В статье рассмотрены возможные причины изменения глобального климата Земли, показаны различия таких понятий, как «изменение», «изменчивость»

и «колебание» климата. Особое внимание уделяется вопросам глобального потепления и парникового эффекта. Показана реакция регионального климата на происходящие глобальные изменения климатической системы на примере территории Карелии в течение XX в. Приводятся сведения об изменении режима температуры воздуха и атмосферных осадков за 1951–2000 гг. Представлены возможные последствия изменения глобального климата.

In article the possible reasons of change of a global climate of the Earth are considered, distinctions of such concepts, as “change”, “variability” and climate “fluctuation” are shown. The special attention is given to questions of global warming and a “greenhouse effect”. Reaction of a regional climate to occurring global changes of climatic system to an example of territory of Kareliya during the XX-th century is shown. Data on change of a regime of air temperature and atmospheric precipitation for 1951–2000 are resulted. Possible consequences of change of a global climate are presented.

УДК 551.588.7

**Структура современного производства энергии в контексте глобального потепления.**

Сало Ю. А. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 64–71: ил. 4, табл. 1, прил. 1. Библиогр. 7 назв.

Рассматривается динамика роста народонаселения Земли, производства энергии, выбросов парниковых газов и повышения среднеглобальной температуры приземного воздуха в течение индустриального периода. Отмечено влияние эмиссии парниковых газов техногенного происхождения на глобальное потепление. Показано, что современная структура производства энергии не является оптимальной с точки зрения как эффективности, так и влияния на изменения глобального климата. В качестве альтернативы необходимы развитие возобновимых источников энергии и их эффективное использование. В приложении дано описание метода практической оценки коэффициента полезного действия солнечной батареи.

Dynamics of the Earth's population growth, energy production, greenhouse emissions and rise in mean global surface air temperature over the industrial period are considered. The effect of man-made greenhouse gas emissions on global warming is studied. It is demonstrated that the present-day structure of energy production is not optimal either in efficiency or in its effect on global climate change. Renewable energy sources should be developed and efficiently used as the alternative. In the annex, we describe experimental application of the method for practical estimation of the solar panel coefficient of efficiency.

УДК 502.131.1: 332.142.6

**Глобальная этическая трилемма.** Андерссон Я. О. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 72–76.

В статье рассказывается об истории экологической экономики, а также даются определения неко-

торых распространенных терминов. «Глобальная этическая трилемма» представлена здесь в качестве основы для непростого выбора между Справедливостью, Экологической устойчивостью и Процветанием (эффективностью). Иными словами, это три главных аспекта устойчивости: социальный, экологический и экономический. В более ранних работах обычно рассматривались один или два из этих аспектов, а третий игнорировался. Мы верим, что краеугольным камнем экологической экономики и устойчивого развития является понимание взаимосвязей между всеми тремя измерениями.

This introductory chapter which will contain a short history of EE as well as some common definitions. It presents the “Global Ethical Trilemma” as a frame for treating the problematic choices between Justice, Ecological sustainability and Prosperity (efficiency). In other words these are three head aspects of Sustainability: the Social, the Ecological and the Economic one. Earlier reports and texts usually treat only one or maybe two of these dimensions, while leaving the third unnoticed. We believe that a keystone of ecological economics and sustainable development is the understanding of the interconnections of all three dimensions.

УДК 338.314: 502.131.1

**Базовый доход с экологической точки зрения.** Андерссон Я. О. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 77–81. Библиогр. 7 назв.

Рассматривается связь между стремлением к экологической устойчивости и базовым доходом с точки зрения благополучного существования общества в условиях стабильного состояния окружающей среды. Ставятся вопросы: насколько серьезно это противоречие, можно ли его преодолеть, какая схема обеспечения базового дохода будет отвечать требованиям экологической устойчивости? Несмотря на актуальность проблемы, существуют различные мнения по поводу ее возможного решения, которые меняются с течением времени и развитием общества, начиная с 1970-х гг.

The links between the quest for ecological sustainability and basic income are reviewed in the article in connection with safe living of the human society in the sustainable environment. The questions such as how serious is this contradiction, can it be overcome, what kind of basic income scheme would be consistent with ecological sustainability are conducted. In spite of the urgency of this problem there are different opinions about it possible decision with time and society development, beginning from the 70s.

УДК 378: 37.012

**Методы преподавания с современной педагогической точки зрения.** Бабак Л. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 82–98. Библиогр. 8 назв.

В данной статье рассматриваются методы обучения с разных точек зрения. По словам автора, выбор методов зависит от теории образования, которая



является основой для образования в целом. Уровни знаний, которыми студенты предположительно овладеют в процессе обучения, также служат важным фактором, влияющим на методологические основы преподавания. В статье обсуждаются эффективность, преимущества и недостатки некоторых методов, таких как лекция, обучение на основе практических примеров, проблемное обучение, групповая работа, проектная работа и другие. Не менее значительную роль при выборе методов обучения играет личный уровень педагога. Правильный выбор методов – в свою очередь, один из факторов, которые делают учебный процесс успешным. В статье рассматривается понятие «хорошее преподавание», а также факторы, которые способствуют достижению «хорошего преподавания»: мотивация, активизация, социально-психологический климат. Понимание процессов преподавания и обучения и их неразрывной взаимосвязи является одним из важных факторов, которые делают обучение результативным.

This article deals with the methods of teaching from different perspectives. According to the author the choice of methods depends on the theories of education, which are the basis for education in general. Another factor, which influences a methodological background of teaching, is the level of knowledge which is to be involved in educational process. Effectiveness, advantages and disadvantages of several methods such as lecture, case-based learning, problem-based learning, group work, project work and etc are illustrated in the article. Last but not least, is a personal level of an educator which has an influence on the methods chosen for teaching process. Right choice of methods, in its turn, is one of the reasons that make teaching process successful. Successful teaching and factors which help to achieve “a good teaching” (motivation, activation, teaching/learning climate) are conversed by the author. Understanding of teaching and learning processes and their unbreakable interconnection is one of the important factors that makes teaching successful and resulting.

УДК 37.012: 004.9

**Компьютерная визуализация учебного материала в обучении школьников и студентов.** Толстиков А. В., Потахин М. С., Богданова М. С. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 99–104: ил. 4. Библиогр.

В работе предлагаются различные методы использования компьютерной визуализации в качестве учебного материала. Компьютерная визуализация – это одно из направлений научно-образовательного центра Института водных проблем Севера.

Виртуальные экологические тропы представляют собой удобную форму подачи информации, поскольку иногда довольно сложно создать настоящую экологическую тропу в силу значительных затрат материальных и трудовых ресурсов. Учитывая профессиональную специфику нашего института, мы разработали виртуальную экологическую тропу «Озеро Пряжинское». Виртуальная экологическая тропа – это визуализация туристского маршрута при помо-

щи компьютерных технологий. Чтобы связать разрозненную информацию, такую как текст, рисунки, аудио- и видеофайлы, мы использовали технологии web-дизайна и HTML (язык текстовых гиперссылок). Виртуальная экологическая тропа дает уникальную возможность продемонстрировать специфическую информацию об объекте лицам, которые не могут его самостоятельно посетить.

Кроме этого, рассказывается о применении учебно-научных фильмов, рассчитанных на школьников и студентов. В настоящее время создается фильм об океанологических исследованиях. Мы надеемся, что наш опыт откроет инновационные и творческие возможности для обучения на стадии развития и при внедрении полученного результата.

The idea to use different kinds of computer visualization in education is promoted. The computer visualization is one of directs of our Scientific Educational Center of the Northern Water Problems Institute.

Virtual ecological trips are one of convenient forms for representing information because it is sometimes problematic to create real nature trips due to natural conditions, very laborious and expensive work. Given the Institute's specialized professional interest, the virtual ecological trip “Lake Pryazhinskoe” has been produced. The virtual ecological trip is a visualization of a tourist route with the help of computer technologies. We applied a web-design for joining heterogeneous materials such as texts, images, audio, video files using HTML (Hyper Text Markup Language). The virtual trip gives a unique possibility to provide specific information about an object to those who cannot actually visit it.

Moreover, we create and use educational-science films for pupils and students. At this time the film about oceanology investigations is produced. And we hope that it will open innovative and creative possibilities for education both at the stage of their development and their application.

УДК 556.55

**Гидродинамические процессы и термическая структура мелководного озера зимой.** Гавриленко Г. Г., Здоровеннова Г. Э., Здоровеннов Р. Э. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 107–112: ил. 2, табл. 3. Библиогр. 16 назв.

С использованием натурных данных, полученных в ходе экспедиций ИВПС КарНЦ РАН на оз. Вендюрском, проводится анализ изменчивости термической структуры мелководного озера зимой и делается попытка оценить влияние гидродинамических процессов на ее формирование. Установлено, что сразу после замерзания в придонном слое глубоководной части озера начинается резкий рост температуры (со скоростью  $0,60\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}^{-1}$ ). Скорость роста температуры в придонном слое резко снижается в течение недели до  $0,11\text{--}0,15$ , к концу первого месяца ледостава – до  $0,02\text{--}0,03\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}^{-1}$ .

В течение зимы в придонном слое глубоководной части озера на фоне повышения температуры неоднократно фиксируются резкие ее падения в течение 1–15 мин на величину  $0,05\text{--}0,80\text{ }^{\circ}\text{C}$  с последующим плавным ростом в течение 3–30 ч.

На протяжении зимы в придонном слое наблюдаются колебания температуры с периодами, близкими к теоретически рассчитанным периодам продольной (25–30 мин) и поперечной (6–7 мин) сейш оз. Вендюрского, а также усиления этих колебаний с периодом, близким к суткам. Амплитуда колебаний температуры при таких короткопериодных пульсациях достигает 0,1 °C.

Основные периоды колебаний температуры воды придонного слоя составляют 5–6, 23–27 мин, 1–3, 6–8, 11–12, 22–26 ч, 1,7–2,6, 3,1–4,1, 5–6, 13–15 сут. Бароклинные сейши оз. Вендюрского (период первой моды 9–13 сут) могут вносить в изменчивость температуры определенный вклад.

The thermal structure of the water is analyzed on the basis of observational data from a shallow lake located in northwestern Russia. The main features of temperature dynamics during the ice-covered period are described. It is determined that temporal changes of temperature had an oscillation character in the vicinity of the sediment-water interface. The main periods of fluctuations of water temperature make 5–6, 23–27 minutes, 1–3, 6–8, 11–12, 22–26 hours, 1,7–2,6, 3,1–4,1, 5–6, 13–15 days. The most part of identified periods fall within the scale of synoptic variations (5–10 days). The estimates of baroclinic seiche periods and temporal variations of the temperature in the thin bottom water layer show that the former may likely cause periodical variations of the temperature around the sediment-water interface in winter. The present study is supported by the Russian Academy of Sciences, The Russian Fund of Basic Research (project 07-05-00351).

УДК 556.55: 556 (470.22)

**Изменение гидрографической сети Карелии в результате создания водохранилищ.** Разуваева Ю. С., Потахин М. С. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 112–116: ил. 1, табл. 1. Библиогр.

Карелия обладает густой, хорошо развитой гидрографической сетью, насчитывающей около 27 тыс. рек и более 61 тыс. озер. Современное использование водных объектов часто сопровождается их изменением, как качественным (например, состава природных вод), так и количественным (например, площадей водоемов). Цель настоящей работы – проследить, как изменилась гидрографическая сеть Карелии в результате создания искусственных водоемов – водохранилищ.

В Карелии первые водохранилища стали возникать в начале XVIII в. для нужд заводов по выплавке железа из местных болотных руд и лесопильных заводов (например, Лососинское и Машезерское водохранилища). Планомерное и целенаправленное освоение гидроресурсов Карелии началось в 1920-е гг., в связи с реализацией плана ГОЭЛРО. В этот период в нижнем течении р. Суны был создан первый крупный каскад ГЭС и зарегулированы озера Сандал и Палье. Много водохранилищ было создано после Великой Отечественной войны, в основном в 1950–1960-е гг. при освоении гидроэнергоресурсов рек Свири, Ковды, Кеми и Выга (Онежское, Тикше-

зерское, Ондозерское, Ковдозерское, Сегозерское, Иовское, Кумское и др.).

В настоящее время на территории Карелии насчитывается немногим более 20 водохранилищ, они являются неотъемлемой частью ландшафта, составляя около 40% площади «озерного» фонда. Их создание не привело к существенному затоплению земель (под водохранилища занято чуть более 1% площади Карелии). В результате затопления водохранилищ не произошло и сильного изменения гидрографической сети, хотя есть и яркие примеры негативных изменений (например, Нижняя Суна и Сунские водопады). Следует подчеркнуть, что создание водохранилищ сопровождается существенным изменением естественного режима водоемов (гидрологического и гидрохимического), что в свою очередь сказывается на качественном и количественном составе гидробионтов. Также происходит перестройка прибрежных геокомплексов, изменяется мезоклимат окружающей водохранилище территории и т. д. Цель нашей последующей работы как раз заключается в том, чтобы проследить, как повлияло создание водохранилищ Карелии на основные компоненты географической оболочки.

Karelia has a well-developed hydrographic network, which has about 27 thousand rivers and 61 thousand lakes. The modern use of water bodies is accompanied by their qualitative and quantitative transformations. Now the territory of Karelia consists of more than 20 reservoirs, they represent about 40% of the lake's area. The creation of reservoirs has not resulted in substantial flooding of land, under water employed just over 1% territory. There were no significant changes in hydrographic network. However, the creation of reservoirs significantly changes in the natural water regime (hydrological and hydrochemical). The objective of our follow-up work just is to see how influenced the creation of reservoirs of Karelia to the main components of nature.

УДК [556.314: 556.332.4]: 001.891.57

**Физико-химическое моделирование процесса выщелачивания пород.** Анисимова Е. В., Бородулина Г. С. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 117–122: ил. 5, табл. 5. Библиогр.

Формирование химического состава подземных вод является важнейшей геологической проблемой. Известная эмпирическая зависимость минерализации и состава подземных вод от интенсивности водообмена, а значит, и от времени соприкосновения воды с породой ставит задачу выяснения степени насыщения подземных вод относительно водовмещающих пород. В условиях зоны гипергенеза наиболее широко распространены алюмосиликатные и карбонатные породы, играющие основную роль в обогащении подземных вод химическими элементами.

В статье представлены результаты физико-химического моделирования (лабораторного и компьютерного) взаимодействия порода – вода. Лабораторное моделирование выщелачивания породы водой проведено в условиях изменения времени их соприкосновения, исходного состава воды и степени насыщенности раствора углекислым газом, который

является определяющим фактором в процессах выщелачивания пород и формирования химического состава подземных вод.

Выполнена серия опытов по выщелачиванию кварцито-сланцев и шунгитов (фракция <1 мм) дистиллированной и талой водой, проанализированы полученные растворы по основным химическим показателям и компонентам (электропроводность, pH, Na, K, Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , Si, Al). Полученные результаты свидетельствуют о том, что свежая порода (кварцито-сланцы) содержит легкорастворимые соли, которые образуют слабощелочной раствор гидрокарбонатно-кальциевого состава с достаточно высокой относительной концентрацией натрия, калия, хлоридов и сульфатов. Повторные вытяжки из уже промытой породы (независимо от кратности и продолжительности промывания) в открытой системе образуют менее минерализованные растворы существенно гидрокарбонатно-кальциевого состава. Насыщение раствора углекислым газом привело к значительному увеличению минерализации раствора, состав которого стал слабокислым и на 99% гидрокарбонатно-кальциевым.

Компьютерное моделирование осуществлено с помощью программы PHREEQC 2, основанной на применении констант равновесия химических реакций. Входными данными для расчета форм элементов, индекса насыщения подземных вод относительно основных породообразующих минералов и других физико-химических показателей послужили результаты химических анализов полученных растворов.

Расчет индекса насыщения экспериментальных растворов относительно большого количества породообразующих минералов показал, что все вытяжки, даже взаимодействующие с породой длительное время (43 сут), в открытой системе ненасыщенны по отношению ко всем минералам, в том числе кальциту, за исключением гидроокислов и окислов железа. В условиях насыщенной углекислым газом системы раствор оказался близок к равновесному состоянию с кальцитом и насыщен по отношению к вторичным алюмосиликатам. Полученные результаты свидетельствуют о том, что процесс выщелачивания является результатом неравновесности вод с первичными алюмосиликатами, а углекислый газ – важным фактором в изменении равновесных условий.

Forming of the chemical composition of groundwater is a most important geological problem. There is known empirical dependency the groundwater composition from time of water-rock contact. Aluminosilicate and carbonate rocks are wide-spread rocks on crystalline shield and have important role in enrichment of groundwater by chemical elements. Main purpose was to estimate the degree of the saturation of the solutions respect to a wide range of solid phases. The laboratory modeling of the water-rock interaction was organized. Some aqueous solutions were received in a result of quartzite (size <1 mm) leaching by distilled water in different conditions (various time of the water-rock interaction, various  $\text{pCO}_2$ ). Solutions were analyzed for physical-chemical parameters: conductivity, pH, Na, K, Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , Si, Al. The "fresh" rock contains the dissolved salts forming the alkaline solution of  $\text{HCO}_3$ -

Ca type with comparatively high Na, K, Cl concentrations. The repeated extractions from the same rock form the more diluting solutions. The  $\text{CO}_2$  saturation of water increases mineralization of solution and it type became whole  $\text{HCO}_3$ -Ca. The saturation indexes were calculated using the software PHREEQC for a wide range of minerals using author's database of thermodynamic data (Parkhurst, 1999). The likelihood for a solid precipitating from an aqueous solution can be assessed by calculating the degree of saturation in the form of saturation index based on the activity of the individual ions in solution (Drever, 1997). The thermodynamic data and measured ions and parameters serve as input.

The calculation of the saturation index has shown that all solutions, even interacting with rock long time (43 days), in open system are unsaturated to all minerals except iron and aluminum oxides and hydroxides. In condition of  $\text{CO}_2$  saturation the solutions are supersaturated respect to secondary aluminosilicates even after 1 day of interacting. The results indicate that process of rock leaching is defined by thermodynamic disbalance of water with primary aluminosilicates, and  $\text{CO}_2$  is an important factor for change of balance conditions and forming of the chemical composition of groundwater.

УДК 556.535.8 (470.22)

**Разбавление техногенных вод Костомукшского ГОКа в системе реки Кенти.** Кулакова Н. Е. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 123–126: ил. 4. Библиогр.

Рассмотрена оценка степени загрязнения водных объектов по кратности разбавления сточных вод. Методика основана на расчете  $K_{\text{разб}}$  с использованием показателей содержания консервативных веществ, которые для каждого источника антропогенного загрязнения должны быть специфическими. В качестве объекта исследования выбрана система р. Кенти, подвергающаяся влиянию техногенных вод Костомукшского горно-обогатительного комбината, поступающих в нее в результате попусков воды из хвостохранилища, с фильтрационными водами и с водами отводных каналов. Концентрации калия и сульфатов в техногенных водах существенно выше по сравнению с природными (калий – в 300 раз, сульфаты – в 100 раз), т. е. эти компоненты относятся к приоритетным консервативным химическим показателям. По ним производилась оценка кратности разбавления техногенных вод в системе р. Кенти за многолетний период.

В связи с наличием большого количества источников антропогенного воздействия на систему р. Кенти сложно непосредственно оценить разбавление собственно техногенных вод. Поэтому кратность разбавления рассчитывалась относительно вод оз. Поппаяярви, в котором аккумулируются все техногенные воды Костомукшского ГОКа, а также относительно вод хвостохранилища, которые вносят основной вклад в антропогенную нагрузку на систему р. Кенти.

В целом на протяжении многолетнего периода наблюдается тенденция уменьшения кратности



разбавления вод оз. Поппалиярви, как в нижних озерах системы, так и в оз. Сп. Куйто. Разбавление непосредственно вод хвостохранилища мало меняется по годам.

The paper deals with estimation an extent of contamination water bodies by dilution factor of sewage water. The method based on calculation a dilution factor by using content of conservative matters, which are specific for each source of anthropogenic contamination. In the capacity of research object was chosen the Kenti lake-river system influenced wastewaters from "Karelian pellet" ore dressing mill entering with discharge from tailing dump with filtering waters and with brunch duct's waters. Concentrations of potassium and sulfates are considerably higher in the anthropogenic waters then in the natural waters with background values. So these components are conservative chemical measures. Estimation of dilution factor anthropogenic waters in the Kenti lake-river system was realized by using these components for many years period.

By reason of many source of anthropogenic influence on the Kenti lake-river system, dilution anthropogenic waters proper is difficult estimate. Dilution factor was calculated relatively Poppaljarvi's waters (Poppaljarvi lake accumulates all anthropogenic waters) as well as relatively tailing dump's waters that introduces basic contribution to anthropogenic load on the Kenti lake-river system.

In general tendency to decrease dilution factor Poppaljarvi's waters is observes as for downstream lakes (Koivas and Kento) well as for lake Srednee Kuito over the time of many years. Dilution tailing dump's waters is a little changing.

УДК 556.114 (282.247.211)

**Интенсивность нитрификации в воде Петрозаводской губы Онежского озера.** Айдинян А. А., Рыжаков А. В. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 126–129: ил. 1, табл. 3. Библиогр. 10 назв.

Проведенные исследования зависимости интенсивности нитрификации от температуры показали, что константа скорости реакции возрастает при ее увеличении. Это указывает на то, что при повышении температуры первая стадия нитрификации и весь процесс в целом ускоряются. В среднем при увеличении температуры на 17,5 °С интенсивность его возрастает в 2,0–2,5 раза. Вычисленные значения энтальпии, энтропии и свободной энергии активации свидетельствуют в пользу биохимического (ферментативного) механизма окисления аммиака в воде Онежского озера.

The conducted researches of dependence of intensity of nitrification in water of the Petrozavodsk's bay of Lake Onega from a temperature showed that the constant of speed of reaction increased at its increase. This indicates that with increasing temperature the first stage of nitrification and the whole process as a whole is accelerated. On average, with increasing temperature at 17.5 °C increase in the intensity of 2–2.5 times. The calculated values of enthalpy, entropy and free energy of

activation demonstrated in favor of the biochemical (enzymatic) mechanism for the oxidation of ammonia in the water of Lake Onega.

УДК 551.577.13 (470.22–25)

**Особенности химического состава атмосферных осадков урбанизированных территорий на примере города Петрозаводска.** Чекова Я. О., Шевель С. В., Потапова И. Ю. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 130–133: ил. 1, табл. 5. Библиогр.

В декабре 2008 г. были проведены исследования химического состава атмосферных осадков на территории г. Петрозаводска. Пробы снега отбирались в следующих районах города: Древлянка, Ключевая, Сулажгора, Кукковка, Перевалка, Октябрьский проспект, ул. К. Маркса, Соломенное. Всего было отобрано 9 проб. В талых снеговых водах были определены следующие показатели: pH, щелочность (Alk),  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ , ПО, биогенные элементы ( $P_{мин}$ ,  $P_{общ}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $N_{орг}$ ,  $N_{общ}$ ), литофильные элементы ( $Fe_{общ}$ , Mn, Al, Si), тяжелые металлы (Zn, Cu, Pb, Cd). При анализе данных были использованы медианные значения. Величина pH талой снеговой воды на территории г. Петрозаводска изменялась в пределах от 5,95 до 6,96 и в среднем составила 6,31. Средняя концентрация калия составила 0,19 мг/л, что в три раза выше фоновое значение (0,06 мг/л). Содержание  $Mg^{2+}$  в пробах осадков было достаточно низкое и варьировало в пределах от 0,01 до 0,64 мг/л. Диапазон содержания натрия находился в пределах 0,25–1,71 мг/л. Содержание хлоридов изменялось от 0,69 до 2,64 мг/л и в среднем составило 1,60 мг/л. Концентрация кальция в пробах талой снеговой воды изменялась в пределах 0,62–3,45 мг/л и составила в среднем 0,91 мг/л. Повышенное содержание кальция отмечено в пробах, отобранных в районе Древлянки (1,52 мг/л), Октябрьского проспекта (1,34 мг/л) и Соломенного (3,45 мг/л). Во всех пробах снега присутствуют гидрокарбонаты (Alk). Содержание сульфатов находилось в пределах от 1,38 до 6,77 мг/л, и во всех пробах они представлены в виде солей. Концентрации фосфора минерального и фосфора общего колебались в пределах 1–43 мкг/л и 1,2–68 мкг/л, соответственно. Содержание нитратного азота находилось в пределах 0,21–1,38 мг N/л. Средняя концентрация органического азота составила 0,03 мг N/л. Концентрация ионов аммония изменялась от 0,33 до 0,96 мг N/л, а количество нитритов в среднем составило 4 мкг N/л. Среднее значение органического вещества (1,68 мг O/л) не превышало 2 мг O/л. Практически все пробы снега загрязнены нефтепродуктами. Средняя концентрация  $Fe_{общ}$  (0,054 мг/л) чуть выше фоновое (0,040 мг/л). Среди тяжелых металлов было отмечено повышенное содержание меди и цинка. В целом полученная картина загрязненности снежного покрова является типичной для городских территорий.

Chemical composition investigation of atmospheric precipitation in Petrozavodsk was carried out in December of 2008. Samples of snow were taken in different districts of Petrozavodsk: Drevljanka,



Kluchevaja, Sulazhgora, Kukkovka, Perevalka, Otkjabrsky avenue, K. Marksa str., Solomennoe. 9 samples were taken. These indicators were determined in snowmelt water: pH, alkalinity,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $P_{min}^{3-}$ ,  $P_{tot}^{3-}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $N_{org}$ ,  $N_{tot}$ ,  $Fe_{tot}$ , Mn, Al, Si, Zn, Cu, Pb, Cd. Median values were used at the analyses of the data. pH of snowmelt water in Petrozavodsk varied from 5.95 to 6.96, pH averaged was 6.31. The mean concentration of potassium was 0.19 mg/l that three times higher background value (0.06 mg/l). The concentration of  $Mg^{2+}$  in snow samples was rather low and varied from 0.01 to 0.64 mg/l. The concentration of sodium varied within the range of 0.25 to 1.71 mg/l. The concentration of chlorides changed from 0.69 to 2.64 mg/l, and was 1.60 mg/l on average. Concentration of calcium in samples of thawed snow water changed within 0.62–3.45 mg/l and has averaged 0.91 mg/l. The higher concentration of calcium was noted in the samples which have been taken in Drevlyanka district (1.52 mg/l), the October prospectus (1.34 mg/l) and Solomennoe (3.45 mg/l). Hydrocarbonates (Alk) are presence in all samples of snow. The sulphate concentration varied within the range of 1.38 to 6.77 mg/l. Sulphates were presented in all snow samples as a salt. Concentration of mineral and total phosphorus fluctuated within 1–43  $\mu\text{g/l}$  and 1.2–68  $\mu\text{g/l}$  accordingly. Nitrate nitrogen content changed within 0.21–1.38 mg N/l. Average concentration of organic nitrogen was 0.03 mg N/l. Concentration of ammonium changed from 0.33 to 0.96 mg N/l, and the amount of nitrites was 4  $\mu\text{g N/l}$  on average. Average value of organic matter (1.68 mg O/l) did not exceed 2 mg O/l. Almost all samples of snow are polluted by oil products. Average concentration of  $Fe_{tot}$  (0.054 mg/l) was hardly above background (0.040 mg/l). Among heavy metals high concentration of Cu and Zn were noted.

УДК 551.577.13

**Спектрофотометрическое определение сульфатов в атмосферных осадках.** Кулакова Н. Е., Лебедева А. В., Лозовик П. А. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 133–137: ил. 4, табл. 2. Библиогр.

Содержание сульфатов в природных водах Карелии, в том числе и в атмосферных осадках, достаточно низкое, и существует проблема их определения различными методами. Для повышения качества выполнения анализа и получения воспроизводимых результатов была модифицирована методика фотометрического определения сульфатов.

В аналитической практике широко используют фотометрические методы определения сульфатов с применением производных хромотроповой кислоты: нитрхромазо, диметилсульфоза III, ортанилового К и др. Очень часто в качестве такого индикатора применяют сульфоза III, или [2,7-бис(2-сульфобензидин)]хромотроповая кислота тетранатриевая соль.

Все фотометрические методы с сульфоза и его производными основаны на осаждении сульфатов ионами бария и фотометрическом определении остаточных количеств  $Ba^{2+}$ . Опыт проведения анализа сульфатов с использованием сульфоза III в лабора-

тории гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН показал, что основным недостатком метода является низкая воспроизводимость градуировочных графиков. Для его устранения при построении градуировочного графика предложено использовать не абсолютные значения оптических плотностей, а разность:  $\Delta D = D_{640} - D_{615}$ . Применение нового подхода позволило получить воспроизводимый градуировочный график, улучшить сходимость результатов анализа с образцами внутреннего контроля и в рамках проекта ICP Waters.

Новая методика была применена при определении  $SO_4^{2-}$  в пробах снега, отобранных на территории г. Петрозаводска в декабре 2008 г. Кроме того, была рассчитана доля сульфатов техногенного происхождения по соотношению сульфатов к хлоридам в морских аэрозолях.

На территории города отмечается невысокое содержание сульфатов, за исключением станции в районе Соломенное. В то же время доля сульфатов техногенного происхождения достаточно большая (91–98%) по сравнению с долей сульфатов природного генезиса (2–9%).

Content of sulfates in the Karelian's natural waters including atmospheric precipitations is enough low and there is the problem of determination it by different methods. The photometric method of determination sulfates was modified for the purpose of improves realization analyses and obtains reproducible results.

Photometric methods are widely applied in analytical practice by using derivatives of chromotropic acid. Very often such indicator is sulfonazo III or [3,6-bis (2-sulfophenylazo)-4,5-dihydroxy-2,7-naphthalenedisulfonic acid tetrasodium salt].

All photometric methods by using sulfonazo III are based on sedimentation sulfates by barium ions and photometric determination free quantities of barium.

Experience testing analyses of sulfates at the laboratory of hydrochemistry and hydrogeology showed that basic defect of the method was low reproduction of graduated graphs. For elimination the defect was suggested to use a difference values optic densities:  $\Delta D = D_{640} - D_{615}$ . The new approach makes it possible to obtain reproducible graduated graphs to improve a convergence results with models of internal check and within the bounds of project ICP Waters.

The approach was applied for determination of sulfates in the samples collected from territory of Petrozavodsk in December 2008. In addition was calculated a percentage of anthropogenic sulfates by sulfates-chlorides ration in the sea aerosols.

Content of sulfates is low on the territory of Petrozavodsk except Solomennoe's sample. Percentage of anthropogenic sulfates is quite higher (91–98%) then percentage of natural sulfates (2–9%).

УДК 556.53: 581.9 (470.22)

**Оценка состояния различных участков реки Суны на основе изучения прибрежно-водной флоры.** Сочнева И. П. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 137–140: ил. 2, табл. 5. Библиогр.

Река Суна – один из важнейших притоков Онежского озера, что определяет актуальность оценки ее экологического состояния. В среднем участке река не испытывает существенного влияния человека, поскольку протекает по территории заповедника «Кивач». Нижний участок реки подвержен антропогенному воздействию, поскольку в устье реки расположен животноводческий комплекс.

В 2006–2008 гг. было выполнено исследование прибрежно-водной флоры двух участков р. Суны, которая включает в себя 141 вид высших сосудистых растений, относящихся к 102 родам и 40 семействам из 5 классов. Сравнительный анализ прибрежно-водной флоры р. Суны в среднем течении (в пределах заповедника «Кивач») и устья выявил существенное различие в видовом составе растений (коэффициент флористического сходства Жаккара – 0,30), что связано с природными факторами (рельеф, гидрологический режим, характер подстилающих грунтов).

В различных участках реки изучено распределение видов, индикаторов трофности. В среднем течении реки, в районе заповедника «Кивач», состав высшей водной растительности указывает на начальные этапы эвтрофирования. В устье реки эвтрофирование выражено более ярко, что связано с воздействием расположенного здесь животноводческого комплекса. Проведенные исследования могут послужить основой для выделения зон разной степени эвтрофирования на различных участках р. Суны и использоваться в экологическом мониторинге.

River Suna is one of the most important tributaries of Lake Onego. That is why the assessment of ecological state of River Suna is very actually. There is no essential anthropogenic influence in the middle part of the river since it flows here across the territory of the reserve "Kivach". In the down stream the river is under influence of farm wastes.

In 2006–2008 the investigation of macrophyte communities on two parts of the river was carried out. It was found that macrophyte flora includes 141 species of vascular plant, which relate to 102 genus, 40 families from 5 classes. The comparison of macrophyte communities on two parts of River Suna – in the middle stream (on the territory of the reserve "Kivach") and near the mouth (down stream) – was carried out. There was sufficient distinguish between species composition of investigated macrophyte communities (coefficient of floristic similarity by Jaccard was 0.30) as a consequence of natural factors influence (relief, hydrological regime, the peculiarities of ground).

The distribution of species (indicators of trophic level) was studied on the different parts of the river. It was observed only initial signs of eutrophication in the middle stream (on the territory of the reserve "Kivach") according to the species composition. In the mouth of the river the eutrophication processes were more obvious due to influence of farm, which is situated near the mouth. The data obtained may be used as basis for allocation of eutrophication zones on the different parts of River Suna and in the ecological monitoring.

УДК 502.175

**Возможности использования показателя флуктуирующей асимметрии для оценки состоя-**

**ния природных и антропогенно трансформированных экосистем.** Ерохина И. С. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 140–143: ил. 1, табл. 1. Библиогр. 10 назв.

По показателю ФА проводится оценка состояния окружающей среды: чем выше показатель, тем сильнее нарушения. Однако в последнее время ставят под сомнение универсальность использования этого метода для оценки состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем. Цель работы – выявить возможности использования показателя ФА для оценки состояния среды в разных экологических условиях в Карелии. Работа была выполнена в районе Заонежья (2005 г.); на о. Большой Климецкий (2006 г.), в окрестностях г. Костомукши (2006, 2007 гг.) и Костомукшского горно-обогатительного комбината (2007 г.). В качестве объекта исследования были выбраны береза пушистая (*Betula pubescens*) и береза повислая (*Betula pendula*). В работе было изучено влияние на уровень ФА факторов: уровень радиации, условия освещенности, категория жизненного состояния, возраст дерева, загрязнение атмосферы выбросами производства, локальная антропогенная нагрузка (вытаптывание). Сбор и последующая обработка материала проводились по методике В. М. Захарова (2001). На каждой пробной площади с 10 деревьев собирали по 10 листьев; с каждого листа снимали показатели и рассчитывали значения ФА. Оценка стабильности развития оценивалась по пятибалльной шкале (Захаров, Чубинишвили, 2001). Проведенное исследование показало, что оценка состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем при помощи показателя ФА может быть успешно использована только в условиях высокого уровня загрязнения природной среды, сила которого нивелирует действие локальных факторов.

Estimation of fluctuating asymmetry (FA) is one of the methods for indication of changing atmospheric conditions: the higher values of FA, the stronger disturbances. However recently universality of using this method for evaluation of conditions of natural and disturbance ecosystems is considered as doubtful. The aim of this study is to reveal the possibilities of using of fluctuating asymmetry method for indication of environmental conditions in Karelian areas with different level of pollution. Investigations were carried out in the four stations in Karelia: Zaonezhje (2005); Island Big Klimetsky (2006), Kostomuksha district (2006, 2007); Mountain-concentrating industrial complex in Kostomuksha (2007). Trees of *Betula pubescens* and *Betula pendula* were chosen as the objects of research. The influence of some factors such as radiation level, light exposure condition, category of vital tree condition, tree age, atmospheric pollution level by manufacture emissions, local anthropogenic loading (trampling) on FA values was investigated. Sampling and sample preparation were carried out according to method of Zaharov (2001). On each sample plot 10 trees were randomly selected and 10 leaves from each sampled tree were collected. For all sampled leaves FA value were measured. The evaluation of development stability was

appreciated with using of 5 ball scale (Zaharov, Chubinishvili, 2001). Results of research have shown that the estimation of conditions of natural and transformed ecosystems by means of FA method can be successfully used only in the conditions of high pollution level. In such conditions power of high pollution level exceeds action of local factors.

УДК 597.5: 591.5 (282.247.11)

**Ответная реакция организма рыб на хроническое загрязнение вод (на примере реки Печоры).**

Беличева Л. А., Шарова Ю. Н. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 143–148: ил. 3. Библиогр. 24 назв.

Река Печора – одна из крупнейших водных систем Северо-Запада России – испытывает полувековое антропогенное воздействие, связанное с развитием угольной и нефтяной промышленности. Многочисленные исследования свидетельствуют о серьезных перестройках в экосистеме р. Печоры, проявляющихся на различных уровнях организации. Цель данной работы – исследовать реакцию организма рыб на хроническое многофакторное антропогенное воздействие. Для оценки состояния организма рыб использовали гистологический анализ ряда органов (жабры, печень и почки) половозрелых особей язя *Leuciscus idus* и сига *Coregonus lavaretus*.

В ходе гистологического анализа нами был выявлен широкий спектр патологий. Во всех исследуемых органах нами фиксировались нарушения кровообращения (кровоизлияния и стазы); гемолиз эритроцитов и разрушение форменных элементов крови; а также некроз тканей. Среди патологических изменений в жабрах были отмечены: гиперплазия, гипертрофия, отек и десквамация эпителия; искривление и слипание респираторных ламелл. Также выявлены нарушения кровенаполнения; сладж; диапедез эритроцитов; появление аневризм и развитие фиброзов. В печени были диагностированы: очаги кариопикноза; соединительнотканное разрастание вокруг сосудов; признаки воспалительной реакции. Для язей было характерно развитие липидозов. В почках рыб выявлены дегенеративные изменения и случаи атрофии клубочков; разрастание соединительной ткани вокруг канальцев и клубочков; утолщение соединительнотканной стенки сосудов; наличие фиброзных образований; признаки воспалительной реакции. Было показано наличие различного типа дистрофий: липидозы и гемосидерозы, причем накопление гемосидерина отмечалось только у сегов. У сегов также отмечены случаи множественной паразитарной инвазии.

Наблюдаемые гистопатологические изменения в органах свидетельствуют о формировании у рыб ответной реакции на изменение качества окружающей среды и наличии хронических заболеваний, связанных с нарушением функционирования организма.

The Pechora River is one of the biggest water systems in the North-West of Russia. Pollution of the river due to development of coal and oil industries has led to huge changes in Pechora ecosystem. The objective of this study was to investigate fish organism response to

chronic multiple anthropogenic impact on the base of the gills, liver and kidney histological analysis of two fish species (ide – *Leuciscus idus* and whitefish – *Coregonus lavaretus*).

The histological study of the gills, liver, and kidney showed the wide range of pathological alterations. Haemorrhages and stasises (circulatory disturbances), haemolysis, and necrosis were the most common.

In the gills the most common feature of the microscopic structure was proliferation in the epithelium of the gill filaments and secondary lamellae. The gill lesions also included curving of secondary lamellae, desquamation of epithelial cells and its edema. In the range of circulatory disturbance dilation in blood vessels of gill filament, aneurysms in secondary lamellae, sludge and diapedesis of red blood cells were found. The microscopic structure of some individual also showed fibrosis of the gill filaments.

The liver histopathological analysis showed presence of karyopyknosis, enlargement of connective tissue around blood vessels, and signs of inflammatory response, e.g. infiltration of leukocytes and exudate formation. In some cases investigated individuals of ide showed severe fatty vacuolation in the hepatocytes.

Degenerative changes and atrophy of glomerulus, thickening of vessels wall, presence of fibrous mass and inflammatory sings were found in kidney. In some cases, the lipids and haemosiderin deposits were observed, and accumulation of haemosiderin was seen only in the whitefish kidney. Also several kinds of parasites were regularly registered in the kidney of whitefish.

In conclusion, histopathological changes in the gills, liver and kidney in the present study indicate that fish were responding to the changes in the environment quality. Histological alterations observed in this study reflect the presence of chronic diseases, associated with the disturbance of organism functioning.

УДК 502: 911.37 (470.22–25)

**Антропогенное воздействие на геокомплексы города Петрозаводска.** Мишкин И. Ю., Капитонова С. А. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 148–150: Библиогр. 6 назв.

Проблемы состояния окружающей среды в городах в условиях различного антропогенного воздействия стоят очень остро. В статье проанализированы архивные и литературные источники, касающиеся антропогенного воздействия на геокомплексы г. Петрозаводска, и определен круг наиболее актуальных проблем в данной области.

State of the environment in towns under various anthropogenic influence is burning issue today. In this article different archival and literary sources are analyzed which apply to anthropogenic influence on geocomplexes of Petrozavodsk and a range of topical problems is identified.

УДК 502 (=161.1) (470.22)

**Традиционное природопользование русских Выгозерья: «В краю непуганых птиц».** Мясникова Н. А., Потахин С. Б. // Водная среда: обучение для



устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 150–153. Библиогр. 8 назв.

На территории Карелии сформировались этнолокальные группы русского, карельского и вепсского этносов. Одной из этих групп являются русские Выгозерья (выгозёры), которые отличаются от соседствующих с ними северных карелов и русских Поморья не только особенностями быта и языка, но и спецификой основных направлений хозяйственной деятельности.

История природопользования локальных этнических групп, включая русских Выгозерья, изучена недостаточно, что позволяет считать представленное исследование весьма актуальным. Целью работы является анализ этнического природопользования в Выгозерском крае, составленный на основе произведения М. М. Пришвина «В краю непуганых птиц. Очерки Выговского края». Предмет исследования – виды традиционного природопользования жителей Выгозерья, а объект – территория Выговского края.

На основе путевых записей М. Пришвина охарактеризованы основные направления природопользования в пределах Выгозерья – рыболовство, охота, лесопользование, животноводство и земледелие.

In territory of Kareliya ethnolocal groups of Russian, Karelian and vepsion ethnoses were generated. One of these groups are of Russian populations of Vygozerja regeon which differ from northern Karelians adjoining to them and Russian of Belomorie region not only features of a life and language, but also specificity of the basic directions of economic activities.

The history of natural management of local ethnic groups, including Russian populations of Vygozerja region, is studied insufficiently that allows to consider the presented research rather actual. The work purpose is the analysis of natural management in the Vygozersky region, M. M. Prishvina made on the basis of book "In region not fearful birds. Sketches of Vygovsky region". The Object of research – kinds traditional natural management of inhabitants of Vygozerja, and object – territory of Vygovsky region.

On the basis of M. Prishvina's travelling records the basic directions of natural management within Vygozerja – fishery, hunting, forestuse, agriculture are characterised.

УДК 556.53: 338.48 (282.247.211.5)

**Литературно-географическая имидж-композиция реки Суны.** Колоколов А. В., Бабакова Т. А. // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 154–157. Библиогр. 9 назв.

В сфере туризма на сегодняшний день все более актуальным становится создание имиджа, т. е. образа туристского объекта. Этот образ является интегральной характеристикой изучаемого объекта. Исследованием проблемы создания имиджа в туризме интересуются многие ведущие специалисты в этой области, а также ученые, занимающиеся исследованиями имиджа, граничащими со сферой туризма.

Ведущими становятся вопросы имиджа не только дестинации, конкретного объекта (природного или

историко-культурного), географического пространства, но и работника сферы туризма; проектируется имидж различных целевых туров, предприятий туризма и гостеприимства и т. д. Вопросы имиджа рассматриваются и в образовании. Здесь понятие имиджа варьируется от имиджа образовательного учреждения до имиджа руководителя, преподавателя, воспитанника, ученика, студента и др. В статье особое внимание уделяется образованию в сфере туризма и конкретно вопросам имиджа туристического объекта.

В современном обществе преобладает утилитарное отношение к окружающему нас миру, поэтому необходима переоценка ценностей подрастающим поколением. Этому будет способствовать внедрение в процесс обучения таких дисциплин, как, например, «Проектирование имиджа туристского объекта» (курс внедряется в Петрозаводском филиале Петровского колледжа с января 2009 г.).

В основе проектирования имиджа лежит создание имидж-композиций. Они имеют свою технологию проектирования и применения в образовательном процессе. Цель имидж-композиций – формирование интегрального и аттрактивного образа изучаемого объекта. Композиции представляют собой результат совместной деятельности, сотворчества преподавателя и студента.

Nowadays the process of creating an image is becoming a question of present interest in the sphere of tourism. Such image is considered to be an integral characteristic of the studied object. A significant number of specialists in this sphere, as well as in the field of science which are closely connected with tourism, are working on the problem of creating an image in tourism.

Not only the questions of creating an image of destination, of a concrete object (natural, historical or cultural), of geographical space, but also the questions of workers and specialists in the sphere of tourism are considered essential; an image of different types of tours, of tourism enterprise is being created. The problem of images is considered in education as well. In this field the idea of image varies from an image of an educational establishment to an image of a leader, a teacher, or a student.

We will contemplate the problem of education in tourism and principally the questions of image of a tourist object.

Unfortunately, nowadays the surrounding world is appreciated mostly from the merely utilitarian point of view, therefore, a change in the system of values in teenagers' and young adults' minds is needed. Inculcation of such disciplines, as "Creating an image of a tourist object" (the course has been inculcated in Petrozavodsk branch establishment of the Petrovsky College since January, 2009), in the process of education will contribute to this idea.

Creating an image-composition is the essential part of projecting an image. There is a special technology of projecting and application of such compositions. The aim of Image-compositions is forming an integral and attractive image of a studied object. The compositions are a result of a joint work of students and their teachers.



Научно-популярное издание

# Водная среда: обучение для устойчивого развития

Печатается по решению Ученого совета  
Института водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН

Рисунки *Ю. М. Коросова*  
Переводчик *О. С. Кислова*

Редактор *Л. В. Кабанова*  
Оригинал-макет *Г. А. Тимонен*

Сдано в печать 24.04.10 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Гарнитура Pragmatica.  
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 19,6. Усл. печ. л. 21,3. Тираж 300 экз.

Отпечатано в Копистар Оптима